

**VŠB – Technická univerzita
Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky**

**Metody pro diagnostiku
vypínače VVN**

**Methods for HV switch
diagnostics**

2012

Jaroslav Poříz

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Velice děkuji svému vedoucímu práce Ing. Petru Bernatovi, Ph.D. za pomoc při zpracování této práce.

A handwritten signature in blue ink, reading "Jaroslav Poříz". The signature is written in a cursive, flowing style.

Jaroslav Poříz, 25.4.2012

Abstrakt

V této práci jsem porovnal teoretické i praktické výsledky z diagnostiky výkonových vypínačů VVN, která jsem získal studiem na vysoké škole i v praxi u mého zaměstnavatele. Pro porovnání výsledků diagnostiky jsem použil praktické měření v terénu. V první části diplomové práce se nachází obecný teoretický rozbor o problematice diagnostiky výkonových vypínačů z hlediska legislativy a problematiky plynu SF₆. Krátce zmiňuji historický vývoj, rozdělení vypínačů podle zhášení oblouku, jejich pohonů i napětových hladin. Nedílnou součástí je popis standardních i moderních metod pro zjištění aktuálního stavu zařízení v běžném provozu. V další části týkající se praktického měření jsem zvolil vhodné metody pro diagnostiku výkonového vypínače a provedl vyhodnocení. Jako podklady pro práci jsem použil jednak data naměřená s kolegy svého zaměstnavatele, ale i materiály odborníků zabývajících se problematikou v oblasti výkonových vypínačů.

Abstract

In this work, I compared the theoretical and practical results of diagnostic HV circuit breakers, which I acquired in college study and practice of my employer. For comparison, I used the diagnostic results of practical measurements in the field. In the first part of the thesis is a general theoretical analysis of the problems of diagnostics of power circuit breakers in terms of legislation and issues of SF₆. I mention briefly the historical development, distribution switches as arc quenching, their drives and voltage levels. An integral part of the description of standard and advanced methods to check the current status of the device in normal operation. In the next section on practical measurements I chose an appropriate method for diagnosing power switch and perform the evaluation. As input to the work I have used both the measured data with colleagues, their employers, as well as materials dealing with professionals in your area circuit breakers.

Klíčová slova

Vypínač VVN, kontakt, střadačový pohon, plyn SF₆, diagnostika, izolační odpor, čas vypnutí, odpor hlavního kontaktu, dynamický odpor, vibrační analýza, proud cívky, nesouhlas pólů vypínače.

Keywords

High Voltage Switch, contact, storage drive, gas SF₆, diagnostics, insulation resistance, time off, main contact resistance, dynamic resistance, vibration analysis, coil current, disagreement poles switch.

Seznam použitých symbolů a zkratek

U_n	[V]	jmenovité napětí
I_n	[A]	jmenovitý proud
I_{kn}	[kA]	jmenovitý vypínací zkratový proud
f	[Hz]	frekvence
p	[Pa]	tlak
t_k	[s]	doba zkratu
AC		střídavý elektrický proud (alternating current)
DC		stejnoseměrný elektrický proud (direct current)
CIGRE		franc. Conférence Internationale de Grands Réseaux Électriques, profesní světová asociace elektroinženýrů
ČSN		česká technická norma
EN		evropská norma
IEC		mezinárodní norma
ŘPÚ		řád preventivní údržby
SF6		fluorid sírový
VN		vysoké napětí
VVN		velmi vysoké napětí
ZVN		zvláště vysoké napětí
OZ		opětné zapnutí
VYP		vypnutí
ZAP		zapnutí
DTW		metoda synchronizace signálů se zachováním vnitřního pořadí měřených bodů
DRM		metoda pro měření ynamického odporu
OCO		ang. Open-Close-Open, neúspěšná operace vypínače opětného zapnutí
CO		ang. Close-Open, neúspěšná operace vypínače zapnutí do zkratu
DCM		modul pro práci na oboustranně uzemněném vypínači
LAN		Local Area Network, místní počítačová síť

Obsah

1	Úvod.....	3
2	Technická diagnostika.....	4
2.1	Řazení diagnostiky	4
2.2	Normy a předpisy	5
2.3	Provozní předpisy a legislativa.....	11
2.4	Řád preventivní údržby	11
2.5	Legislativa s problematikou plynu SF ₆	11
3	Vypínače	13
3.1	Historie	13
3.2	Výkonový vypínač velmi vysokého napětí	13
3.3	Rozdělení vypínačů podle napět'ových hladin	15
3.4	Rozdělení vypínačů podle zhášení oblouku	15
3.4.1	Expanzní.....	15
3.4.2	Maloolejové.....	16
3.4.3	Tlakovzdušné	16
3.4.4	Plynotvorné	17
3.4.5	Magnetické	18
3.4.6	Tlakoplynové.....	18
3.4.7	Mechanismy zhášení za pomoci plynu SF ₆	18
3.4.8	Vakuové	19
3.5	Rozdělení vypínačů podle typu pohonu	19
3.5.1	Pneumatický pohon	19
3.5.2	Střadačový pohon.....	19
3.5.3	Hydraulický pohon.....	20
3.6	Přehled výrobců vypínačů VVN	21
4	Metody pro diagnostiku vypínačů VVN	22
4.1	Určení kvality a znečištění plynu SF ₆	22
4.2	Laboratorní rozbor elektrooleje u olejových vypínačů VVN.....	22

4.3	Měření dráhy kontaktu	23
4.4	Měření doby vypnutí a zapnutí hlavních kontaktů vypínače.....	25
4.5	Reakce vypínače na OZ a zapnutí do zkratu	25
4.6	Odpory a izolační stav zapínacích a vypínacích cívek a kontroléru.....	26
4.7	Měření průběhu proudu cívky	26
4.8	Vibrační diagnostika.....	27
4.9	Měření průběhu dynamického odporu hlavních kontaktů vypínače	28
4.10	Porovnání průběhu proudů motorů u pohonu vypínače při střádání	29
5	Diagnostika vypínače VVN AREVA S1-123-F3	30
5.1	Kvalifikace osob podle vyhl 50/1978sb.	30
5.2	Zajištění a předání pracoviště, příkaz „B“	32
5.3	Programma TM 1800 Breaker analyzer system	34
5.4	Měření kvality plynu SF6.....	35
5.5	Měření proudového odběru střadačového pohonu	36
5.6	Kontrola funkční doby spínání operací ZAP-VYP (CO)	37
5.7	Vibrační analýza	40
5.8	Měření dynamického odporu.....	42
5.9	Kontrola funkce nesouhlasu pólů	42
5.10	Kontrola funkce blokování vypínače	43
6	Vyhodnocení diagnostiky vypínače	44
7	Závěr	47
8	Literatura	48
9	Příloha - fotodokumentace diagnostikovaného vypínače	49

1 ÚVOD

Pro úspěšné fungování lidské společnosti hrají klíčovou roli dokonalé informace ze všech oborů její činnosti. Totéž platí i pro elektrotechniku a energetiku.

Základní elektrická zařízení používaná při výrobě i přeměně elektrické energie na jiný druh energie, která jsou svým charakterem klíčová pro svět elektrotechniky, lze považovat za sériové spolehlivostní řetězce, u nichž selhání jednoho prvku znamená vyřazení celého zařízení z funkční činnosti. A proto právě elektrotechnika potřebuje vydatné a věrohodné informace o všech dějích, které v její oblasti probíhají. Jedná se o informace jak o prvcích (materiálech), tak systémech (strojích a zařízeních) ve všech fázích jejich vzniku i provozního života. Důležitost a význam diagnostických informací jsou zcela nezastupitelné.

Tyto potřebné informace zajišťuje disciplína věnující se studiu dějů probíhajících při interakcích dotyčných zařízení s výrobou a posléze provozními podmínkami – diagnostika. Slovo diagnostika má své kořeny v řeckém slově *diagnosis* (rozpoznání, učení) a odtud tedy pochází význam slova diagnostika – určení stavu. Svými výroky diagnostika ovlivňuje všechny fáze výrobních činností a odhaduje příští chování diagnostikovaných objektů.

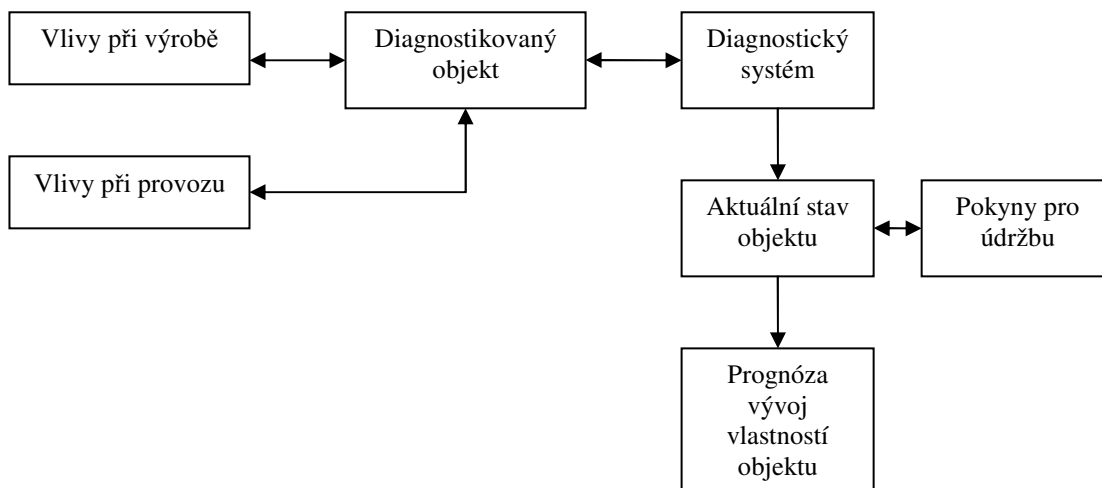
Výkonové vypínače jsou jedním z klíčových prvků pro bezpečné fungování moderních elektrických napájecích systémů. Vypínač je aktivním prvkem, který má za úkol rozpojit rychle primární obvod v případě, že dojde k poruše. Mnohokrát musí vykonat požadovanou operaci v průběhu několika milisekund i po dlouhém období své nečinnosti. Od nástupu systémů údržby založených na aktuálním stavu prvku vyvstala potřeba uživatelů a vlastníků na spolehlivá a přesná měření v terénu.

2 TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA

Technická diagnostika je proces, při kterém se zjišťuje aktuální technický stav objektů na základě objektivního vyhodnocení příznaků pomocí měřicí techniky. Metodami technické diagnostiky můžeme stanovit míru degradace jednotlivých prvků a dílů měřeného objektu, popřípadě stanovit výskyt závad a částečných poruch zařízení. Obtížným úkolem technické diagnostiky je najít vztah mezi rozhodujícími funkčními vlastnostmi el. zařízení a některou měřitelnou veličinou. Z míry měřitelné veličiny musíme pak umět usoudit na funkční schopnost zařízení a také určit, zda změna vlastností je způsobena změnami struktury nebo vratným dějem.

2.1 Řazení diagnostiky

[1] Abychom alespoň přibližně odhadli vývoj vlastností diagnostikovaného objektu a jeho stav v budoucnosti (technická prognostika) je důležité rovněž vědět, jak se technický stav zařízení a jeho provozní vlastnosti vyvíjely do aktuálního stavu (technická genetika) a kteří degradační činitelé na něj působili, působí a působit budou.



Obr.1. Základní souvislost i při diagnostice elektrických zařízení

Vlastním cílem diagnostiky není měření, ale prodlužování životnosti zařízení, předcházení havárií a plánovitě a účelné provádění oprav a tím minimalizace nákladů na údržbu. Diagnostika pomáhá také k určování únosné hranice rizika dalšího provozu zařízení se závadou.

2.2 Normy a předpisy

Každému výrobnímu podniku je doporučeno ve svém vlastním zájmu respektovat pravidla systému managementu jakosti zaměřená na podporu kvality produktů na národní úrovni podle ČSN EN ISO 9001:2001, případně respektování požadavků podle ČSN EN ISO 14000.

Legislativa pro spínací prvky na hladinách napětí VVN je dále zakotvena v těchto normách:

[7] ČSN EN 60694

„Společná ustanovení pro vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení“

Rozsah platnosti a předmět normy

Tato mezinárodní norma platí pro spínací a řídicí zařízení na střídavý proud vnitřního a venkovního provedení pro použití v soustavách s kmitočtem do 60 Hz včetně a napětím nad 1000 V. Tato norma platí pro všechna spínací a řídicí zařízení pro napětí nad 1 000 V, kromě zvláštních typů spínacích a řídicích zařízení, pro které platí příslušné normy IEC.

[7] ČSN IEC 62063

„Vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení - Použití elektronických a souvisejících technologií v pomocných zařízeních spínacích a řídicích zařízení“

Rozsah platnosti a předmět normy

Tato technická zpráva je určena pro poskytnutí základních pokynů pro zdokonalování IEC norem vztahujících se k vysokonapěťovým spínacím a řídicím zařízením. Tato zdokonalení jsou vyžadována proto, aby uživatelé spínacích zařízení mohli využít všechny možnosti poskytované elektronickým zařízením. Dochází k zavádění velkého množství tak zvaných nekonvenčních přístrojů, nebo se toto zavádění v budoucnosti očekává. Proto nastává nutnost rychlého normalizování rozhraní a zvláště komunikačních protokolů, které mohou být těmito přístroji využívány tak, aby bylo zabráněno chybným stavům a aby došlo ke zlepšení vzájemné součinnosti těchto zařízení. Komunikací se zabývají různé pracovní skupiny v rámci SC 17A a TC 57. Tato zpráva může být těmito pracovními skupinami využita. Současný stav techniky umožňuje zavedení elektronických přístrojů do všech pomocných zařízení, nebo do části z nich,

použitých ve spínacích a řídicích zařízeních. Tato zpráva zavádí nové kapitoly tak, aby byla tato technika zahrnuta. Také definuje různé třídy funkcí, které musí být zajištěny.

Spínací zařízení je možné rozdělit na dvě části:

- hlavní zařízení, tj. vysokonapěťová část spínacího zařízení, určená pro zajištění vysokonapěťové izolace, průchodu proudu a vypínání;
- pomocné zařízení, tj. nízkonapěťová část spínacího zařízení, určená pro řízení a monitorování hlavních součástí.

S využitím současné techniky jsou všeobecně obě části dodávány jedním výrobcem spínacího zařízení. Rozhraní spínacího zařízení je pak možno snadno identifikovat a je jím všeobecně svorkovnice.

Zavedení elektroniky má za následek významné změny týkající se několika bodů:

- umístění pomocného zařízení nemusí nutně souviset s příslušným spínacím zařízením, ale může se nacházet v libovolném místě počínaje místní řídicí skříní spínacího zařízení až po dozornu elektrické stanice. Rozhraní spínacího zařízení již není fyzicky svázáno s umístěním místní řídicí skříně;
- kromě toho mohou být různé součásti pomocného zařízení dodávány různými výrobci;
- a dále použití elektroniky využívající decentralizované architektury, součástí založených na mikroprocesorové technice a digitální komunikace vyvolávají nové koncepce v oblasti spolehlivosti. To má za následek změny způsobů údržby a provozování spínacího zařízení uživatelem.

V důsledku toho vzniká otázka odpovědnosti v případě poruchy v elektrické stanici. Tato zpráva navrhuje zlepšení příslušných norem IEC, které vyjasní tuto otázku jednoznačnou identifikací mezi zařízení a příslušnou odpovědností výrobce.

[7] ČSN EN 60265-2

„Spínače vn a VVN. Část 2: Vypínače zátěže a odpínače na jmenovitá napětí 52 kV a výše“

Rozsah platnosti a předmět normy

Tato norma platí pro troj fázové vypínače zátěže a odpínače vnitřního a venkovního provedení na střídavý proud, které jsou schopny vypínat a zapínat proud pro jmenovitá napětí 52 kV a vyšší a pro jmenovité kmitočty do 60 Hz včetně. Norma platí i pro pohony těchto spínačů a jejich řídicí a pomocné obvody. Tato norma stanoví požadavky pro spínače používané v přenosových a rozvodných sítích. Spínače všeobecného použití musí pro tyto aplikace vyhovovat těmto provozním podmínkám:

- trvalý přenos jmenovitého proudu;
- přenos zkratových proudů po stanovenou dobu;
- spínání proudů při převážně činné zátěži;
- spínání proudů nezatížených transformátorů;
- spínání proudů nezatížených kabelů, venkovních vedení nebo přípojníc;
- spínání proudů uzavřené smyčky;
- zapínání zkratových proudů.

Dále norma stanovuje požadavky na spínače omezeného použití a na spínače zvláštního použití používané v přenosových a rozvodných sítích. Spínače omezeného použití musí vyhovovat pouze jednomu nebo několika výše uvedeným provozním použitím. Spínače zvláštního použití mohou vyhovovat jednomu nebo několika výše uvedeným provozním použitím a musí vyhovovat jednomu nebo několika následujícím použitím:

- spínání proudů jednotkových kondenzátorových baterií;
- spínání proudů skupinových kondenzátorových baterií;
- spínání proudů paralelních reaktorů včetně sekundárních nebo terciárních reaktorů spínaných ze vstupní strany transformátoru;
- spínání vyžadující vyšší počet spínacích operací;
- spínání za podmínek zemního spojení v soustavách s izolovaným nebo rezonančně uzemněným nulovým bodem.

IEC EN 50110-1 čl. 6.2.4 Testování oboustranně uzemněných vypínačů

Novinkou v oblasti diagnostiky vypínačů je trend, který podstatně zvyšuje bezpečnost a rychlost práce během provádění diagnostiky vypínače. Jedná se o projekt nazvaný „DualGround“.



Obr.2: Symbol pro zařízení umožňující práci s oboustranným uzemněním zařízení

Tento název přímo vyplývá z jeho smyslu. Umožňuje provádět veškerou diagnostiku při obou stranách vypínače zazemněných. Proudů, které vznikají indukci a kapacitní vazbou na kontaktech vypínače se uzavírají právě oběma zemnicími soupravami, nikoliv měřicími kabely přístroje. Dojde tak k vytvoření bezpečného pracovního prostoru v oblasti mezi oběma zkratovacími soupravami, což podstatně zvyšuje bezpečnost a efektivnost na pracovišti.

[7] ČSN EN 62271-104

„Vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení - Část 104: Spínače střídavého proudu pro jmenovitá napětí 52 kV a vyšší“

Tato část IEC 62271 platí pro třífázové spínače vnitřního a venkovního provedení na střídavý proud pro jmenovitá napětí 52 kV a vyšší a pro jmenovité kmitočty do 60 Hz včetně, které mají přiřazeny jmenovité hodnoty zapínání a vypínání proudu. Tato norma platí i pro pohony těchto spínačů a jejich pomocná zařízení.

Hlavním cílem této normy je stanovit požadavky na spínače použité v přenosových a distribučních sítích. Spínače všeobecného použití musí vyhovovat těmto provozním použitím:

- trvalý přenos jmenovitého proudu;
- přenos zkratových proudů po stanovenou dobu;
- spínání proudů při převážně činné zátěži;
- spínání proudů nezatížených transformátorů;
- spínání proudů nezatížených kabelů a venkovních vedení nebo přípojníc;
- spínání proudů uzavřené smyčky v distribuční síti;
- zapínání zkratových proudů.

Dalším cílem této normy je stanovit požadavky na spínače omezeného použití a spínače zvláštního použití v přenosových a distribučních sítích.

Spínače omezeného použití musí odpovídat jednomu výše uvedenému provoznímu použití nebo více výše uvedeným provozním použitím.

Spínače zvláštního použití mohou odpovídat jednomu výše uvedenému provoznímu použití nebo více výše uvedeným provozním použitím a kromě toho, musí být vhodné pro jednu nebo více následujících aplikací:

- spínání jednotkových kondenzátorových baterií;
- spínání skupinových kondenzátorových baterií;
- spínání kompenzačních tlumivek včetně sekundárních nebo terciárních reaktorů spínaných ze vstupní strany transformátoru;
- spínání vyžadující vyšší počet spínacích cyklů;
- spínání v podmínkách zemního spojení v sítích s neúčinně uzemněným středem.

[7] ČSN 62271-100

„Vysokonapěťová spínací a řídicí zařízení – Část 100: Vypínače střídavého proudu“

Tato část IEC 62271-1 platí pro vypínače vnitřního a venkovního provedení určené pro síť s napětím vyšším než AC 1000 V s kmitočty 50 Hz a 60 Hz.

Platí pouze pro trojfázové vypínače používané v třífázových sítích a jednofázové vypínače používané v jednofázových sítích. Podmínky pro dvojfázové vypínače používané

v jednofázových sítích a pro vypínače používané při kmitočtech nižších než 50 Hz je nutné dohodnout mezi výrobcem a uživatelem.

Norma platí také pro pohony vypínačů a jejich pomocná zařízení. Pro vypínače se závislým ručním zapínáním však tato norma neplatí, neboť nemůže být předepsán jejich jmenovitý zkratový zapínací proud a závislé ruční zapínání může být nevyhovující z hlediska požadavků bezpečnosti.

Vypínače s úmyslnou nesoučasností mezi póly mohou být v některých případech zkoušeny podle této normy. Např. řešení s mechanicky odstupňovanou nesoučasností pólů mohou být zkoušena podle této normy třífázovými přímými zkouškami. U syntetických zkoušek je určení nejvhodnějších zkoušek, zvláště s ohledem na zkušební proud, zotavené napětí a přechodné

Tato norma neplatí pro vypínače s vlastním vybavováním s mechanickým vybavovacími systémy nebo systémy, které nemohou být vyřazeny z činnosti.

Zkoušky pro ověření činnosti při mimořádných podmínkách mají být dohodnuty mezi výrobcem a uživatelem. Takovými mimořádnými podmínkami jsou např. případy použití vypínače při vyšším napětí než je jmenovité. Takové podmínky mohou vzniknout při náhlé ztrátě zatížení na dlouhých vedeních nebo kabelech.

[6] ČSN EN 62271-207

„Vysokonapět'ová spínací a řídicí zařízení – část 207: Hodnocení seismické odolnosti plynem izolovaných rozváděčů pro jmenovitá napětí nad 52 kV (IEC 62271-207:2007)“

Mezinárodní norma platí pro rozváděče střídavého proudu na jmenovitá vyšší než 52 kV vnitřního a venkovního provedení, včetně jejich podpěrné konstrukce pevně spojené se zemí a nezahrnuje hodnocení seismické odolnosti vypínačů s nádobou na potenciálu. Tyto rozváděče mají typicky nízko položené těžiště, např. plynem izolované rozváděče (GIS).

[6] ČSN 35 4225-310

„Vysokonapět'ová spínací a řídicí zařízení - Část 310: Zkoušky elektrické trvanlivosti vypínačů na jmenovité napětí 72,5 kV a vyšší“

Na základě zkušeností se stávajícími vysokonapět'ovými vypínači v provozu, s ochranou sítě a politikou údržby většina uživatelů běžně nepožaduje zvýšenou elektrickou trvanlivost. Výrobci a uživatelé však mají zájem na zvýšené elektrické trvanlivosti z následujících důvodů:

- Zvýšenou elektrickou trvanlivost pro nové typy vypínačů je možné plně ověřit pouze laboratorními zkouškami. Zkušenosti z provozu shromážděné CIGRE platí pro starší konstrukce vypínačů a mohou být jen částečně extrapolovány pro nové konstrukce.
- Nové trendy v oblasti údržby vedou k „bezúdržbovým vypínačům“. Snížení nákladů na údržbu je dnes hlavním požadavkem uživatelů.

- Deregulace trhu s elektřinou může vést ke zvýšení elektrického namáhání u vypínačů v rámci jejich ověřené schopnosti.
- Deregulace trhu s elektřinou zvyšuje následky nepohotovosti vypínačů způsobené poruchou nebo náročnou údržbou.
- Existuje potřeba normalizovat jeden program rozšířených zkoušek elektrické trvanlivosti a zabránit předepisování různých programů různými uživateli.
- Mnoho výrobců uvádí při prodeji vypínačů informace o jejich elektrické trvanlivosti. Existuje potřeba normalizovat způsob podávání těchto informací uživatelům tak, aby bylo možné správné porovnání při prodeji vypínačů.

Výše uvedené důvody mohou podporovat snahu o zavedení programu rozšířených zkoušek elektrické trvanlivosti vypínačů. Pokud se vyžaduje zvýšená elektrická trvanlivost, prokazuje se pomocí dále uvedených normalizovaných zkušebních programů platných pro vypínače použité ve venkovních vedeních na jmenovitá napětí 72,5 kV a vyšší.

[7] ČSN EN 50110-1

„Obsluha a práce na elektrických zařízeních“

Tato norma platí pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních, s elektrickými zařízeními nebo v jejich blízkosti. Jedná se o elektrická zařízení provozovaná s úrovní napětí od malého včetně až po vysoké napětí včetně. Tato norma stanovuje požadavky na bezpečnou obsluhu elektrických zařízení a práci na nich a nebo v jejich blízkosti. Tyto požadavky se týkají obsluhy, práce a údržby. Platí pro veškerou neelektrickou pracovní činnost, například stavební práce v blízkosti venkovního vedení nebo zemních kabelů, stejně jako pro pracovní činnost na elektrických zařízeních tam, kde existuje elektrické riziko.

ČSN EN ISO 12937 „Ropné výrobky – Stanovení vody- Coulometrickou titrační metodou podle Karl Fischera, 2003“

ČSN EN IEC 62021 – 1 „Izolační kapaliny – Stanovení kyselosti potenciometrickou metodou, 2004“

ČSN 34 6433, čl.2., ČSN EN 60567, IEC 60475, ISO 595-1 „Odběry izolačních olejů“

Činnost diagnostiky velkých netočivých strojů v energetice ČEZ, a.s. byla zakotvena v podnikových normách PN ČEZ 0005 „Profylaktika elektrických strojů netočivých- výkonové transformátory“ a pro měřicí transformátory PN ČEZ 0007 „Profylaktika elektrických strojů netočivých – přístrojové transformátory“ vydané v roce 2000. Pro podrobnější činnost diagnostiky na velkých netočivých strojích byl vypracován pracovní postup ČDS_PP_0024 r.01 v roce 2009 „Diagnostika elektrických zařízení Vn a VVN – transformátory“ pro jednotné plnění Řádu preventivní údržby pro ČEZ Distribuční služby s.r.o.

2.3 Provozní předpisy a legislativa

Elektrozařízení se z pohledu na výkon údržby řadí do tří kategorií. Každá z kategorií zařízení má kritériálně oceněná rizika poruchy, spojená s provozem daného zařízení. Tato kritéria jsou hodnocením pravděpodobnosti vzniku poruchy.

1. U kategorií jedna a dvě se volí:
 - a) provádění údržby s dopředu plánovanými intervaly (tzv. preventivní údržba). Je zaměřena na udržení funkčnosti zařízení mezi údržbovými cykly. Preventivní údržba je dána postupy s preventivní výměnou dílů podléhajících opotřebení a s odstraňováním dalších případných vad, zjištěných při kontrole zařízení.
 - b) údržba podle technického stavu (tzv. prediktivní údržba). Je zaměřena na zásahy, prováděné na základě sledování technických parametrů a hodnot odchylek, jejichž dosažení je odůvodněním pro provedení příslušného zásahu údržby.
2. U třetí kategorie zařízení se volí přednostně korektivní údržba v případě, že náklady na preventivní údržbu převyšují za srovnatelné období náklady na korekci případných poruch.

2.4 Řád preventivní údržby

Pro revize elektrických zařízení je uplatněna vyhláška č. 75/2002 Sb., dále nařízení vlády č. 101/2005 Sb. a ČSN 33 1500, pokud jiné státní normy nebo předpisy orgánů státních odborných dozorů nestanoví pro zvláštní případy odlišné požadavky.

Pokud má organizace vlastní řád preventivní údržby, termíny revizí lze prodloužit na dvojnásobek (mimo prostředí s nebezpečím požáru a výbuchu).

Řád preventivní údržby - předpis provozovatele pro provádění preventivní údržby a revizí elektrických zařízení, který obsahuje způsob a lhůty provádění a je součástí provozní dokumentace ve které je uložen záznam o provedení preventivní údržby. Zápis o kontrole musí obsahovat vymezení rozsahu kontrolovaného elektrického zařízení, soupis provedených úkonů (prohlídky, zkoušky, měření), soupis zjištěných závad, naměřené hodnoty, datum zahájení a ukončení kontroly, jméno a podpis pracovníka provádějícího kontrolu.

2.5 Legislativa s problematikou plynu SF6

Fluorid sírový je izolační materiál používaný jako dielektrikum v elektrických zařízeních. Byl zařazen mezi hlavní plyny přispívající ke skleníkovému efektu a tím podléhá kvantitativním cílům redukce emisí.

Kjótský protokol

Členské státy Evropské unie se řídí Rozhodnutím Rady ze dne 25.dubna 2002 o schválení Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu jménem Evropského společenství a o společném plnění závazků z něj vyplývajících. Země se zavázaly omezit celkové emise plynů přispívající ke skleníkovému efektu v horizontu let 2008-2012 alespoň o 5% oproti hladinám v roce 1990.

Pracovníci, kteří vykonávají činnost související s manipulací plynu SF₆ musí být certifikováni a získat osvědčení podle Nařízení komise (ES) č. 305/2008 ze dne 2. dubna 2008, kterým se podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 ze dne 17.května 2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech, které stanoví minimální požadavky na certifikaci pracovníků provádějící znovuzískávání některých fluorovaných skleníkových plynů z vysokonapěťových spínacích zařízení a podmínky pro vzájemné uznávání této certifikace.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006, Článek 4 (Znovuzískání)

Odst.1. Provozovatelé rozvodných zařízení odpovídají za zavedení opatření pro řádné znovuzískání fluorovaných skleníkových plynů certifikovanými pracovníky, kteří splňují požadavky článku 5, aby se zajistila recyklace, regenerace nebo zneškodnění těchto plynů.

Odst.2 Po uplynutí doby životnosti opětovně plnitelných nádob nebo nádob pro jednorázové použití na fluorované skleníkové plyny odpovídá osoba používající nádobu k přepravě nebo skladování za přijetí opatření pro řádné znovuzískání v ní obsažených zbytků plynů, aby se zajistila recyklace, regenerace nebo zneškodnění těchto plynů.

Odst.3 Znovuzískání fluorovaných skleníkových plynů obsažených v jiných výrobcích a zařízeních, včetně mobilních zařízení, pokud neslouží k vojenským operacím, provádí náležitě vyškolení pracovníci v míře, která je technicky proveditelná a nepředstavuje neúměrné náklady, aby se zajistila recyklace, regenerace nebo zneškodnění těchto plynů.

Odst.4 Znovuzískání za účelem recyklace, regenerace nebo zneškodnění fluorovaných skleníkových plynů podle odstavců 1 až 3 se provádí před konečným odstraněním zařízení a případně během servisu a údržby.

3 VYPÍNAČE

3.1 Historie

[5]Vznik prvních vypínačů se datuje do doby, kdy se elektrická energie začala uplatňovat i v průmyslu. Mluvíme tedy o konci 19. století. Nejednalo se však vypínače v pravém slova smyslu.

Jejich vlastnosti ani konstrukce se však moderním vypínačům moc neblížila. Jako zhášecí medium se používal okolní vzduch, neexistovaly žádné trysky, kterými by byl oblouk při vypínání chlazen. Na počátku 20. století se nejvíce uplatňovaly vypínače, které používaly jako zhášecí médium olej. Olejové vypínače byly nejdříve v kotlovém provedení, kde byly kontakty do oleje ponořené. Díky následujícímu vývoji do vypínače přibyla zhášecí komora a po nějaké době byla zhášedla umístěna do izolačních pouzder. Tyto kroky vedly k přetvoření olejových vypínačů do podoby máloolejových vypínačů.

Přibližně do 30. let 20. století byly máloolejové vypínače nejčastěji používané. Poté následovalo období, kdy se začaly používat vypínače tlakovzdušné a hledala se i jiná izolační média. V roce 1940 se však v USA objevil případ, kdy bylo jako zhášecího média použito plynu SF₆. V následujících letech vznikaly další zlepšovací patenty téměř po celém území západní Evropy. Na vývoji této technologie se také velmi kladně podepsalo poválečné období, kdy byl kladen velký důraz na rekonstrukci a rozvoj průmyslu, a tedy i na velkou spotřebu elektrické energie. V této době taktéž vznikají vakuové vypínače, jež si v dnešní době vybudovaly jednu z předních pozic na trhu společně s vypínači obsahujícím zhášecí medium SF₆.

3.2 Výkonový vypínač velmi vysokého napětí

Tento prvek elektrických rozvodů velmi vysokého napětí je chopen vypínat i zapínat všechny provozní proudy včetně zkratových. Obsahuje spoušť s naakumulovanou energií, která při vzniku zkratu samočinně odpojí postižený obvod.

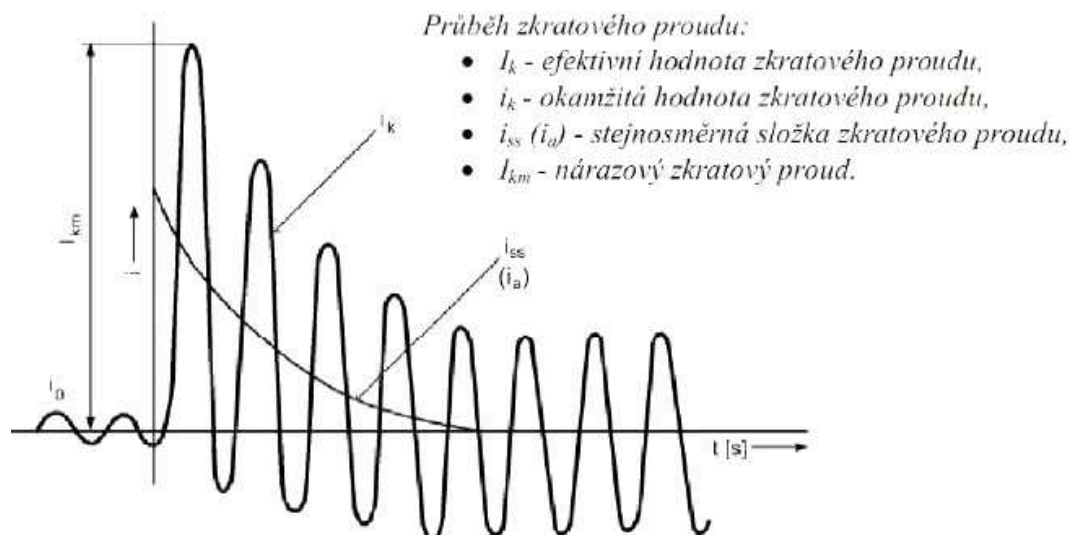
Vypínače jsou provedeny v jednopólovém nebo třípólovém uspořádání. Jednopólového se využívá u vývodů linek VVN a spojek pomocných přípojníc z důvodu funkce opětného zapínání, kde vypíná jeden nebo tři póly vypínače podle druhu zkratu. Třípólového uspořádání se využívá u polí transformátorů, případně spojek hlavních přípojníc.

Elektrotechnické údaje vypínače :

- | | |
|--------------------------------------|-------|
| 1. Jmenovitá frekvence | [Hz] |
| 2. Nejvyšší napětí soustavy | [kV] |
| 3. Jmenovitý proud | [A] |
| 4. Jmenovitý vypínací zkratový proud | [kA] |
| 5. Jmenovitý zapínací proud | [kA] |
| 6. Jmenovitá doba zkratu | [s] |
| 7. Jmenovitý sled spínání | [s] |
| 8. Jmenovitý tlak plynu SF6 při 20°C | [MPa] |
| 9. Druh pohonu | |

Jmenovitý vypínací výkon vypínače je dán součinem jmenovitého proudu protékajícím prvkem a napětím vzniklým mezi kontakty vypínače po přerušení proudu, tzv. zotaveným napětím.

Náhlá změna impedance při zkratu má za následek přechodný děj, protože se náhle vlivem velkého zkratového proudu v prostoru elektrizační soustavy poruší rovnováha mezi magnetickým a elektrickým polem a do nového rovnovážného stavu přechází soustava přechodnými složkami proudu a napětí. Časový průběh zkratového proudu závisí na okamžiku vzniku zkratové poruchy. Tento průběh může vykazovat nesymetrii vůči časové ose s přítomností stejnosměrné složky.



Obr. 3: Průběh zkratového proudu

3.3 Rozdělení vypínačů podle napěťových hladin

Přenos s distribuce elektrické energie je v České republice i zahraničí zajišťován na různých napěťových hladinách. Pro průmyslový rozvod a výrobu jsou ve velké míře používána napětí řádů nižších hladin Vn, pro lokální přenos energie vyšších řádů Vn. Z hlediska přenosu na větší vzdálenosti se využívá napětí ZVN z důvodu nižších ztát energie, v České republice jsou využívány hladiny do 400kV. Naopak v zahraničí např. v Číně u přehrady Tři soutěsky je použita hladina 1MV.

Výkonové vypínače VN: pro hladinu napětí 3 ; 6 ; 9 ; 12 ; 22 ; 35 kV

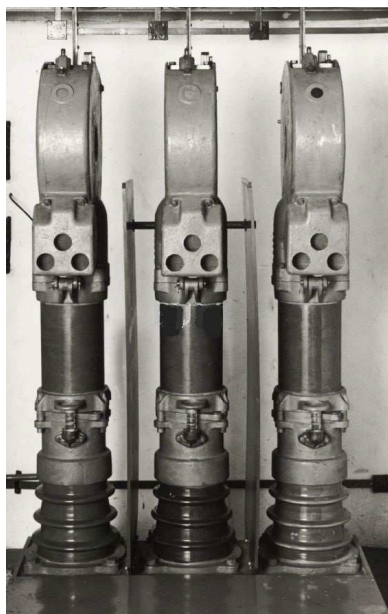
Výkonové vypínače VVN: pro hladinu napětí 110 ; 220 kV

Výkonové vypínače ZVN: pro hladinu napětí 350 ; 420 ; 500 ; 750 ; 1000 kV

3.4 Rozdělení vypínačů podle zhášení oblouku

3.4.1 Expanzní

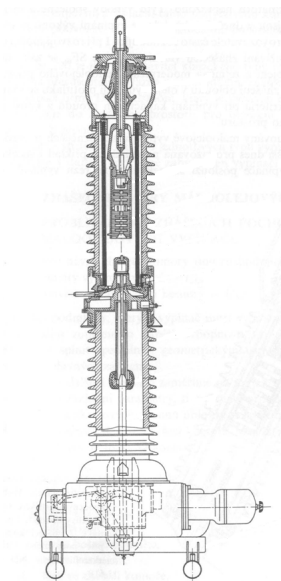
Expanzin je ve skutečnosti zabarvená destilovaná voda s glycerinem proti zamrznání a protiplíšňovou přísadu. Při vypínání vzniká mezi spínacím roubíkem a pevným kontaktem různice elektrický oblouk , který odpaří část kapaliny. Tepelným rozkladem vody vzniká vodík a kyslík, tj. plyny, které se buď zpětně sloučí ve vodu, nebo uniknou do ovzduší. Elektrická pevnost vody je velmi dobrá, plně srovnatelná s pevností oleje. Nevýhodou je, že i přes nehořlavost vody nemůžeme vyloučit výbušnost, neboť vzniká směs vodíku a kyslíku.. Využití je spíše u vypínačů VN.



Obr.4: Expanzní vypínač

3.4.2 Máloolejové

Máloolejové vypínače olej používají jen ke zhášení oblouku. Izolaci živých částí proti zemi zajišťují tuhé izolanty. Vypínací roubík je ovládán klikovým mechanismem od hřídele natáčené vnějším pohonem. Máloolejové vypínače využívají zhášecí komory. Teplem oblouku se olej zplyňuje a tlak ve zhášecí komoře narůstá. Při nejbližším průchodu proudu nulou oblouk zhasne. Páry a olej deionizují dráhu oblouku a znemožňují znovuzapálení oblouku.



Obr.5: Řez máloolejovým vypínačem VVN



Obr.6: Máloolejovým vypínač VVN

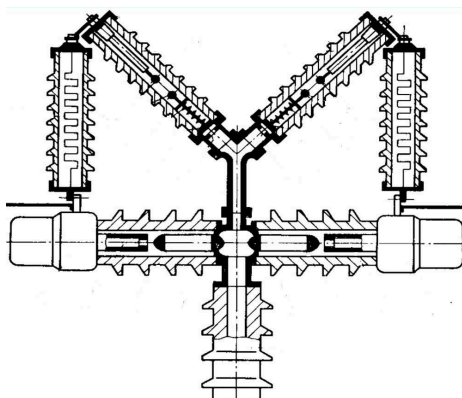
3.4.3 Tlakovzdušné

Ke zhášení elektrického oblouku se používá stlačený vzduch z kompresorové stanice, který se vzduchovými rozvody přivede k vypínači. Provozní tlak stlačeného vzduchu je 1 až 2,5 MPa. Stlačený vzduch se vhání do prostoru zhášecí komory mezi hlavní silové kontakty. Oblouk se tlakem vdychu natáhne a uhasne.

Hlavní proudová dráha každého pólu vypínače se skládá ze sériově zapojených zhášecích míst pro vypínání a zapínání elektrického proudu. Tato stejná a současně pracující zhášecí místa udržují hlavní proudovou dráhu v poloze zapnuté nebo vypnuté. Počet zhášecích míst je závislý na napětí a vypínací schopnosti vypínače. Paralelně ke každému zhášecímu místu jsou trvale zapojeny kondenzátory, které řídí rozdělení napětí při vypínacím pochodu a při vypnutém pólu

vypínače. Zhášecí místa jsou v poloze vypnuté trvale pod tlakem vzduchu. Zhášecí místo, tlaková komora a pohonné zařízení jsou hlavní části vypínače. Zhášecí komory tvoří dvojice nesené dutými izolátory, které slouží jako přívod vzduchu z tlakové nádoby. Tlakový vzduch slouží jako zhášecí prostředek pro elektrický oblouk, jako pohonný prostředek spínacích elementů i jako izolace mezi vypnutými částmi hlavní proudové dráhy.

Vysoká elektrická pevnost tlakového vzduchu umožňuje krátké spínací dráhy kontaktů a rychlé vypínání tryskami při dodržení nízké spotřeby tlakového vzduchu.



Obr.7: Řez tlakovzdušným vypínačem VVN



Obr.8: Tlakovzdušný vypínač VVN

3.4.4 Plynotvorné

Zhášejí elektrický oblouk proudem plynů, které se vyvinou působením oblouku na plynotvorný materiál, z něhož je zhotovena zhášecí komora.

3.4.5 Magnetické

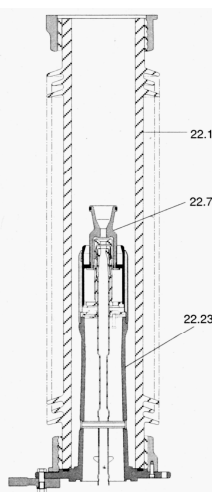
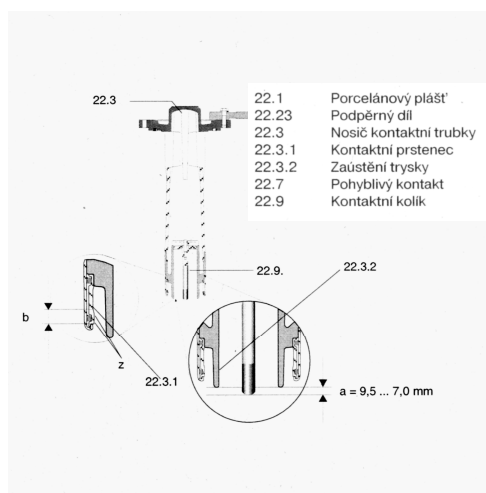
Využívají působení vlastního magnetického pole na elektrický oblouk, který se nasměruje do keramické zhášecí komory, ve které se oblouk tříští a natahuje. Stykem s chladnými stěnami přepážek se ochlazuje.

3.4.6 Tlakoplynové

Využívají ke zhášení oblouku fluoridu sírového (SF₆). Plyn má výbornou ochlazovací schopnost, 2x až 3x větší elektrickou pevnost než vzduch, což umožňuje úsporu v konstrukci vypínače. Plyn SF₆ ve své podstatě je nejdovatý, bez zápachu ale je nedýchatelný. Je 5x těžší než vzduch. Vlivem hoření elektrického oblouku se ale rozkládá na zdraví škodlivé karcinogenní látky.

3.4.7 Mechanizmy zhášení za pomoci plynu SF₆

- **Prosté oddálení kontaktů** - Jedná se o nejjednodušší použití, v praxi se nevyužívá z důvodu malé efektivity.
- **Využití energie oblouku** - Oblouk je ofukován proudem plynu za pomoci tepelného působení oblouku.
- **Kroužení oblouku** – Dochází k otáčení oblouku vlivem cívek, které roztáčí magnetickým působením oblouk. Rotací dochází k příčnému chlazení oblouku.
- **Autopneumatické zhášedlo** – Oblouk je ofukován proudem plynu, který je vytvořen tlačáním pístu ve válci
- **Dvoutlaková soustava** – Spočívá na principu vyrovnání tlaku mezi dvěma nádobami.



Obr.9: Řez tlakoplynovým vypínačem VVN

Obr.10: Tlakoplynový vypínač VVN

3.4.8 Vakuové

Vypínače využívají vlastností vakua pro zhášení oblouku. Použité vakuové komory mají velkou vypínací schopnost a značnou životnost v oblasti vypínání provozních proudů. Malý zdvih pohyblivého kontaktu a současně jeho nízká hmotnost nekladou zvláštní nároky na pohon, který se tak vyznačuje vysokou spolehlivostí při dlouhém bezrevizním období.

3.5 Rozdělení vypínačů podle typu pohonu

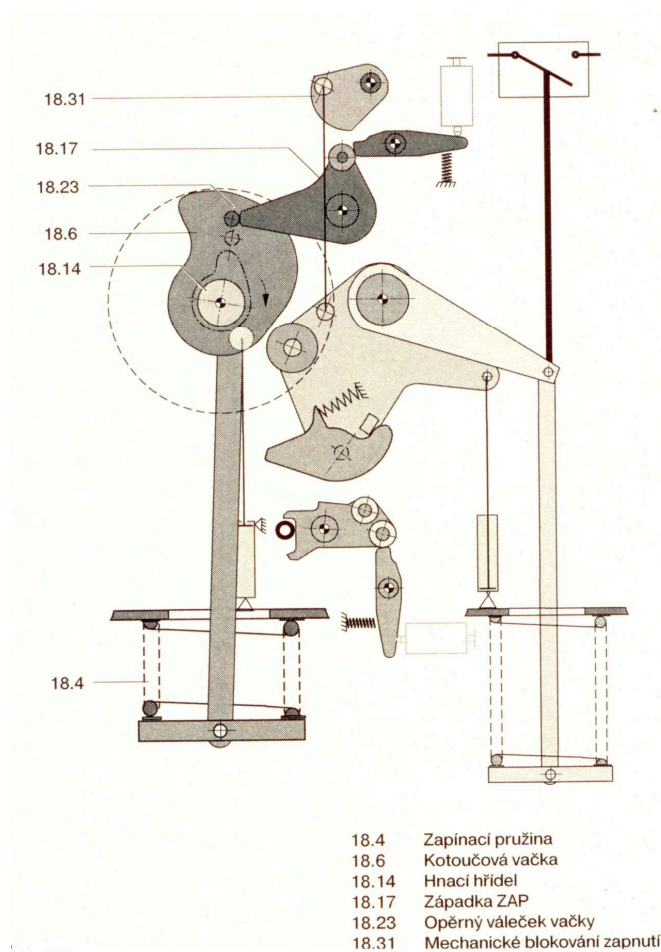
Pro vypínače nižších hladin se využívají zejména pohony pružinové, magnetické z důvodu nízké ceny a vysoké spolehlivosti. V minulosti se pro vypínače VVN ve velké míře využívaly pohony pneumatické, ale z hlediska vysoké náročnosti na údržbu a rozvod stlačeného vzduchu se preferují pohony se střadačovým systémem.

3.5.1 Pneumatický pohon

Na rozdíl od hydraulického pohonu, se u tohoto mechanismu pracuje čistě s plyny (konkrétně suchý vzduch). Do zásobníku se natlakuje plyn, který je pak připraven pro operaci. Tento zásobník je rychle doplňovaný z většího - vzdušníku, a tím je zajištěna rychlá opakovatelnost několika operací za sebou. Pracovní tlak pro vypínače na 145 kV je 1,1 MPa. U třífázového vypínače na 420 kV je pracovní tlak 2 MPa. Velkou nevýhodou tohoto pohonu je náročnost na údržbu a jeho cena. Je vyžadována náročná údržba vzdušníků a všech cest, kudy je stlačený vzduch veden. Dále musí být udržovány kompresory a ventily. Jedná se spíše o starou koncepci, která je překonána jinou technologií.

3.5.2 Střadačový pohon

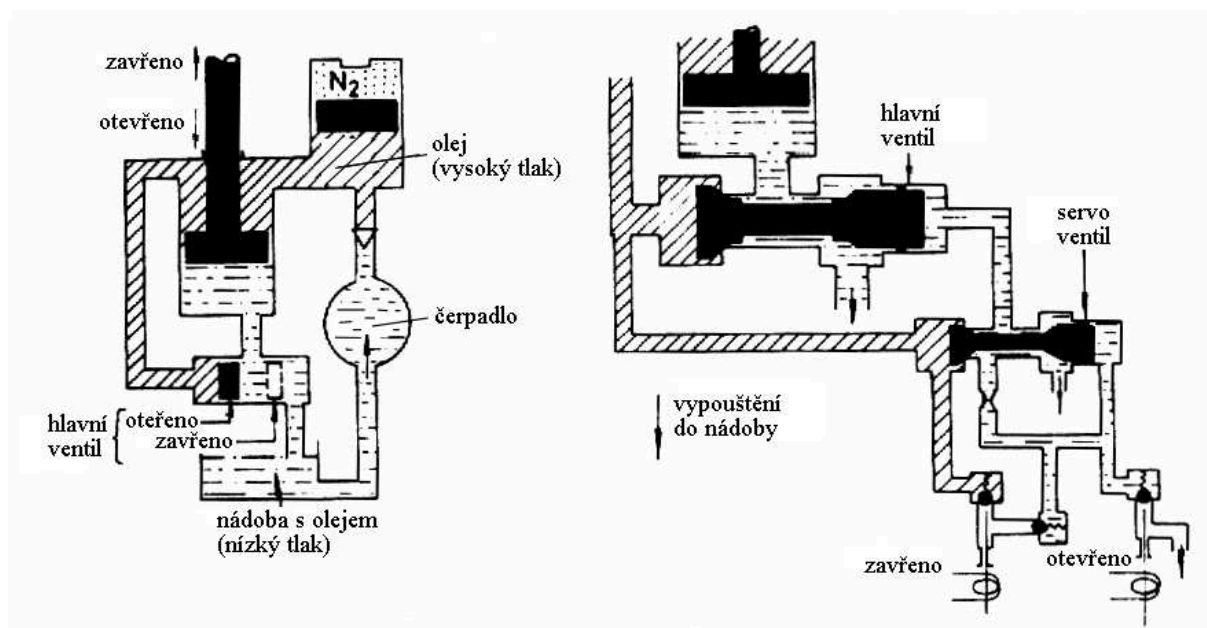
Skládá se z pružin pro nasrádání kinetické energie a navijáku tvořeným hnacím motorkem a mechanickými součástmi. Obsahuje také zapínací a vypínací západky, tlumič působící ztlumení rázů při zapínacích a vypínacích operacích. Tlumič také slouží jako koncový doraz. Při uvolnění západky blokující pružinu se energie spotřebuje na přitlačení kontaktů a k natažení vypínací pružiny. Po sepnutí je zapínací pružina opět natáhnuta navijákem.



Obr.11: Střadačový pohon zakreslený pro funkci ZAP

3.5.3 Hydraulický pohon

Hydraulický pohon funguje na principu tlaku dvou navzájem působících látek. Pokud se jedná o práci při tlaku do 320 MPa, je celý pohon kompaktní. Od doby, kdy se začal používat se stlačeným dusíkem N₂, se jeho dobré vlastnosti zasloužily o jeho velké rozšíření. Jak je zobrazeno na obrázku, energie je uložena v akumulátoru, ve kterém volný píst odděluje dusík od oleje. Základní mechanismus se skládá z akčního členu a řídicích ventilů sloučených do jedné jednotky, na kterou je připevněna nízkotlaká nádoba. Olejové kanály jsou vyvrtány uvnitř bloku ventilů, čímž se minimalizuje možnost prosakování oleje. Pohyb kontaktu je zajištěn pohyblivým pístem, u kterého se stýkají olej se stlačeným dusíkem. Dusík tlačí na vysokotlaký okruh s olejem a ten působí na druhý píst, který je mechanicky napojen na pohyblivý kontakt vypínače. V závislosti na regulaci tlaku z druhé strany pístu dochází k zapínání nebo vypínání na vypínači.



Obr.12: Hydraulický pohon

3.6 Přehled výrobců vypínačů VVN

Výrobce	Typ	Pohon	Medium	Počet střadačů
Škoda	1VMN 123.2	tlakovzduch	olej	3
Škoda	4VMM 110	tlakovzduch	olej	3
Škoda	6VMM 110	tlakovzduch	olej	3
Škoda	10VSV 123.2	střadač	SF6	3
ČKD	2VEZL 123	tlakovzduch	olej	3
ČKD	VEZL 110	tlakovzduch	olej	3
ČKD	VEL 110	tlakovzduch	olej	1
Siemens	3AP1FE	střadač	SF6	3
Siemens	3AP1FG	střadač	SF6	3
Siemens	3AP1FI	střadač	SF6	1
Siemens	3AP1EG	hydraulika	SF6	3
Siemens	3AP1EE	hydraulika	SF6	3
Siemens	3AQ1	hydraulika	SF6	1
ABB	LTB145 D1/B	střadač	SF6	3
ABB	LTB145 D1/B	střadač	SF6	1
AEG, Areva, Alstom	S1 123 F1	střadač	SF6	1
AEG, Areva, Alstom	S1 123 F1	tlakovzduch	SF6	1
AEG, Areva, Alstom	S1 123 F3	střadač	SF6	3
AEG, Areva, Alstom	S1 123 F3	tlakovzduch	SF6	3
AEG, Areva, Alstom	GL 311 F1	střadač	SF6	1
AEG, Areva, Alstom	GL 311 F3	střadač	SF6	3

4 METODY PRO DIAGNOSTIKU VYPÍNAČŮ VVN

4.1 Určení kvality a znečištění plynu SF6

Pro potřebu zjištění stavu plynu ve vypínačích se zhášecím médiem SF6 jsou třeba následující měření:

- Měření procentuálního podílu plynu SF6 ve zhášecí komoře vypínače
- Měření obsahu vlhkosti plynu SF6
- Měření obsahu rozkladných produktů v plynu SF6

Pro tuto metodu existují na trhu v České republice např. měřicí přístroje firmy DILO nebo GAS. Cílem metody je zjistit degradaci izolačního media a včas detekovat nebezpečné stavy. Největším nebezpečím je kondenzace. Padající kapky zkondenzovaného plynu by spolu s dalšími vlivy mohly mít výrazný dopad na celkové snížení izolačních vlastností. O maximální eliminaci se starají absorbenty vlhkosti umístěné v komorách vypínačů. Každý výrobce navíc ve svých směrnících uvádí maximální přípustnou hodnotu vlhkosti v jejich zařízeních.

4.2 Laboratorní rozbor elektrooleje u olejových vypínačů VVN

Jelikož u vypínačů s malým množstvím oleje dochází k častým operacím zapnutí a vypnutí, lze z hlediska laboratorního rozboru oleje uvažovat pouze elektrickou pevnost oleje, případně jeho navlhnutí související s touto pevností oleje.

Odběr vzorků se provádí do skleněných lahví se zabroušeným hrdlem z důvodu minimální kontaminace okolního prostředí při transportu do laboratoře. Vzorek se odebírá ze spodní části vypínače a vrchní části vypínače, kde je umístěna zhášecí komora. Odběr vzorku musí být proveden velmi pečlivě, neboť případné nečistoty mají velký vliv na výsledek zkoušky.

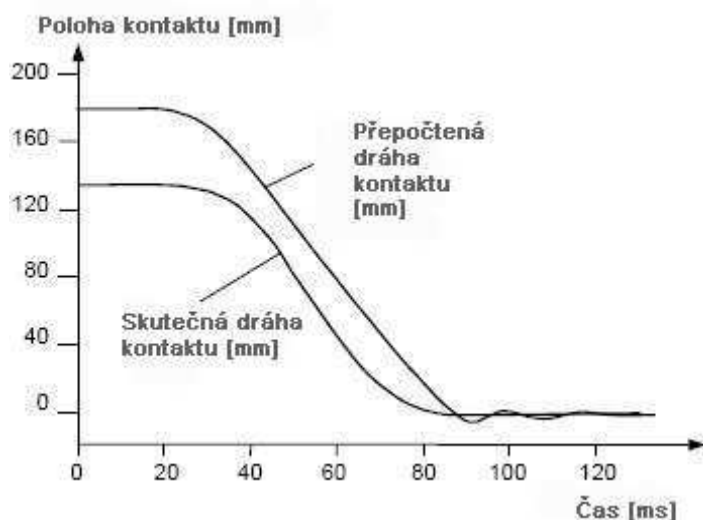
Zkouškou se určuje poměr napětí elektrického proudu a vzdálenosti elektrod v jiskřišti, při němž nastane průraz, tj. poměr efektivního průrazného napětí k doskoku jiskřiště. Ze zkoušky se usuzuje především zda olej obsahuje vlhkost. Podstatou zkoušky je plynulé zvyšování napětí mezi elektrodami jiskřiště naplněném izolačním olejem a zaznamenání napětí při kterém nastal přeskok. Přístroj ke zkoušení elektrické pevnosti se skládá ze zdroje vysokého napětí, regulačního a měřicího zařízení a jiskřiště. Zdrojem vysokého napětí je transformátor pro napětí až 90kV o výkonu min 2kVA. Regulace napětí musí být plynulá a jemná. Měřicí zařízení musí mít odchylku max. 3%. Jedním z mnoha výrobců je pro příklad firma BAUR.



Obr.13: Měřicí přístroj BAUR DTA 100 C Inline

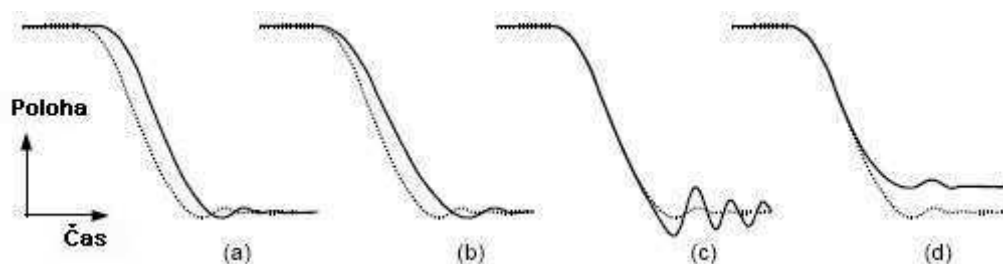
4.3 Měření dráhy kontaktu

[5] Měření dráhy kontaktu je možno provádět dvěma způsoby, v obou případech je však snímána poloha kontaktu v závislosti na čase. Pohyb se dá měřit lineárním snímačem připevněným na táhlo hlavního kontaktu nebo rotačním snímačem, připevněným na hřídel mechanismu vypínače. Velmi často se stává, že výrobce vypínače udává, v kterém místě a jakým snímačem pohyb kontaktu měřil.



Obr.14: Průběh pohybu hlavního kontaktu vypínače

Problém nastává v okamžiku, kdy je měřen pohyb rotačním snímačem. Snímač totiž neuvádí výstupní hodnotu v mm, ale ve stupních. Jestliže je hodnota zdvihu od výrobce uváděna v mm, je nutno použít konverzní tabulky, která převádí všechny hodnoty vyjádřené ve stupních na ekvivalenty uvedené v milimetrech. Pokud je tedy analyzérem měřen pohyb rotačním snímačem, do daného testu je nutné nainstalovat konverzní tabulku či vložit konverzní konstantu odpovídající danému typu vypínače. Tímto přepočtem se získají z křivky vyjádřené ve stupních křivky vyjádřené v milimetrech. Přepočet musí být proveden s adekvátní konverzní tabulkou určenou konkrétně pro vypínač typu, který je testován. Pokud by tomu tak nebylo, mohl by nastat případ zobrazený na Obrázku 14. Tento způsob přepočtu hodnot bývá používán u vypínačů staršího data výroby. V současnosti přichází v platnost nový standard IEC, který požaduje vyhodnocování naměřených parametrů, nikoli parametrů vypočtených. V praxi to znamená vyhodnocování zdvihu a dalších parametrů pohybu u vypínačů, u kterých je pohyb měřen rotačně, nikoli v délkových jednotkách, ale jednotkách úhlových (úhlový zdvih, úhlová rychlost, ...).



Obr.15: Příklady průběhu pohybu hlavního kontaktu

Z odchylek od ideální dráhy je také možné vyzorovat, některé nedostatky nebo závady na pohybovém ústrojí. Na Obr.15 jsou vyobrazeny čtyři příklady. Na každém příkladu je zobrazena křivka „vadná“ a ideální (přerušovaná). Na prvním obrázku je vidět příklad zpoždění uvolnění západek. V tomto případě se může jednat o nedostatečnou lubrikaci armatur ovládacích cívek. U ukázky (b) je znázorněna pomalá rychlost kontaktů. To může znamenat např. nedostatečně velkou energii nahromaděnou v pohonu. Špatné tlumení je znázorněno v příkladu (c), což může být způsobeno nesprávným chováním tlumičů. V ukázce (d) je zobrazena nedostatečná izolační vzdálenost při vypínání, způsobená například nesprávnou montáží.

Z naměřených křivek pohybu je pak možné vypočítat i průběhy rychlosti i zrychlení kontaktu (v případě rotačního snímače se jedná o úhlovou rychlost a úhlové zrychlení) v jednotlivých časových úsecích. Na Obrázku 16 jsou zobrazeny křivky změřené dráhy hlavních kontaktů všech tří fází vypínače spolu s doložitou rychlostí a změřených časů včetně odskoků.

4.4 Měření doby vypnutí a zapnutí hlavních kontaktů vypínače

Základním úkolem této metody je měření zapínacích a vypínacích časů jednotlivých kontaktů vypínače, to jest úkol, které dosud plnily stopky. Změřený čas odpovídá době, která uběhla mezi časem, kdy byl na cívky přiveden ovládací pulz a kdy došlo ke konečnému sepnutí/rozepnutí jednotlivých hlavních kontaktů. Běžným způsobem měření časů vypínače je navěšení svorek na oba póly svorek. Tester pak na základě faktu, že na svorkách zaznamená zkrat nebo rozepnutý obvod detekuje sepnutou resp. rozepnutou polohu hlavních kontaktů vypínače.

Při časových měřeních jsou důležitá zpoždění hlavních kontaktů oproti dřívějším výsledkům měření, ale i mezi jednotlivými fázemi v aktuálním měření. V druhém případě se jedná o měření takzvané synchronizace fází. Maximální povolený rozdíl v synchronizaci by měl být udáván výrobcem. Všechny podezřelé hodnoty, které vzniknou při měření časů, by měly vést k hlubší analýze, která se provádí pomocí měření dráhy kontaktu, dynamického odporu a vibrací na vypínači.

Schopnost zapnutí a vypnutí vypínače při sníženém ovládacím napětí

Touto metodou se zjišťuje funkce vypínače za nestandardních podmínek provozu ovládacího napětí pro zapínací a vypínací cívky. K této situaci může dojít při poruše usměrňovače nabíječického záložní baterii, která je delší dobu v provozu. Test se provádí s externím regulačním zdrojem ovládacího napětí. Měří se schopnost vypnutí vypínače při 70% a zapnutí při 80% jmenovitého ovládacího napětí. Z hlediska funkce vypínače je důležité, aby vypínač vypnul, proto je tato hodnota přísnější než u zapínacího cyklu. Zkouška se provádí u hlavních i záložních cívek vypínače.

4.5 Reakce vypínače na OZ a zapnutí do zkratu

Ověření této funkce je pro vypínač velmi důležité. Při funkci opětného zapnutí provede vypínač v běžném provozním stavu v reakci na náhodnou poruchu operaci VYP – ZAP a v případě trvání nebezpečného stavu definitivně vypíná. Většina těchto nebezpečných stavů vyplývá z náhodného spojení, např. větve stromu, a účelem je přerušit a deionizovat vzniklý oblouk.

Po této operaci potřebuje vypínač čas, který udává výrobce a je také uveden na štítku vypínače, po které může provést stejnou operaci. Tento čas je důležitý pro ochlazení částí vypínače a navrácení do normálního stavu. Podle funkce vypínače rozlišujeme OZ na

- jednopólový (jednofázový) – nastavení beznapěťové pauzy času do 1s
- třífázový (třífázový) – nastavení beznapěťové pauzy času do 0,3s

Pro jednopólový OZ mohou být použity pouze vypínače se samostatnými pohony pro jednotlivé póly vypínače.

Při zapnutí výkonového vypínače do zkratu je odzkoušena operace ZAP – VYP. V běžném provozu je tento stav velmi nebezpečný, ale vypínač musí být schopen tuto situaci vyřešit. Výrobce na štítku uvádí maximální zkratový proud, na který je vypínač odzkoušen.

4.6 Odpory a izolační stav zapínacích a vypínacích cívek a kontroléru

Při reakci ochrany nebo vyslání signálu manipulantom je nutné, aby vypínač na řídící signál zareagoval. Pokud na ovládací cívky vypínače dorazí napěťový impulz, cívka přitáhne západku, čímž spustí zajištěné kontakty a vypínač se zapne/vypne. Ovládací obvody vypínačů pracují na určitém napětí a jestliže napětí, které je pro nasycení cívek potřebné, poklesne pod určitou úroveň, cívka nemusí vyvinout dostatečně velkou sílu pro přitažení západky a operace nemusí být provedena. V případě nárůstu odporu ovládacího obvodu, včetně cívek, se zvedne i minimální napětí, které je potřeba na protlačení minimálního proudu a na nasycení ovládacích cívek. Jakmile odpor ovládacího obvodu stoupne nad takovou mez, kdy pracovní napětí z baterií pro ovládací obvody nestačí pro nasycení cívek, bude hrozit selhání reakce vypínače.

Z tohoto důvodu je prováděno měření odporu cívek ovládacích obvodů. Přestože se nejčastěji tato hodnota zjišťuje při dynamických testech, díky možnostem moderních měřicích zařízení, jedná se o statický test. Parametr je na testeru vyjádřen jako ciferná hodnota spolu s dalšími změřenými hodnotami. Měření je nutné provádět na odstaveném zařízení. Pokud není měření prováděno jako součást plánu měření z testeru, je možné odpor cívek změřit např. mikroohmmetrem nebo ohmovou metodou v čtyřsvorkovém zapojení při obou polaritách.

Funkci kontroléru lze prověřit připojením kontaktů na tester a pomocí zapínacího a vypínacího impulsu poté porovnat reakci pomocných spínacích a rozpínacích kontaktů.

4.7 Měření průběhu proudu cívky

Pokud chceme elektrickým signálem ovládat pohyb kontaktů vypínače, je převod elektrického impulsu na mechanický impulz klíčovým prvkem při manipulaci s vypínačem. Rychlost reakce je podmíněna kvalitní lubrikací armatury, silou přitahu cívky nebo vlastnostmi ložisek.

Pokud by došlo ke zhoršení mechanických nebo elektrických vlastností výše zmiňovaných prvků, hrozí zvýšené tření, zpomalení odblokování a i celkového zareagování mechanismu vypínače. Zaznamenáním průběhu proudu zapínací nebo vypínací cívkou v ovládacích obvodech je možné získat mnohé důležité informace o stavu kontrolního mechanismu ve vypínači.

[5]Příkladem takového charakteristického průběhu je *Obr. 16*. Dle popisku je vidět, že na průběhu proudu ovládacími cívkami se dá leccos vyčíst i okem laika. Z grafu můžeme celkem pohodlně získat informace o stavu vinutí cívky, lubrikaci, západkách, atd. Například čas mezi začátkem pohybu armatury cívky a jejím zastavením je projevem lehkosti spouštění mechanismu vypínače nebo velikost proudu na ploché části průběhu proudu před rozepnutím pomocným kontaktem charakterizuje spolu s napětím odpor ovládací cívky. Pokud by v obvodu cívek nastal zkrat, došlo by ke snížení odporu.



Obr.16: Průběh proudu zapínací cívky

Měření proudu cívek je důležité pro vyhodnocení rychlostí vybavení vypínače po přivedení ovládacího pulzu. Je to účinná metoda jak zjistit nejčastější problémy ve spouštěcím mechanismu vypínače. Toto měření však nevystihuje kompletní chování vypínače a je tedy dobré provádět i další zkoušky, kterými se znalost stavu vypínače doplní.

4.8 Vibrační diagnostika

Měření vibrací se od ostatních měření liší v pojetí vyhodnocení výsledků. Vibrace jsou měřeny umístěním snímačů vibrací na pohony vypínače. Měření vibrací se provádí bodovými senzory, které se připevní na tělo zkoumaného objektu.

Při časové diagnostice vibrací se používá tzv. DTW analýza. Další možnou metodou vyhodnocení vibrací je metoda srovnávací, která je na první pohled názornější. Porovnávat je možné s průběhy změřenými dříve (např. při uvedení vypínače do provozu) nebo s vibracemi na pohonu, popř. s vibracemi na ostatních fázích. Obecně změna vibrací oproti předchozímu měření znamená, že se uvnitř vypínače (izolátor s pólem, pohon) něco změnilo. Vzhledem k přirozenému stárnutí a opotřebení namáháním se jedná o změny nepatřičné, což znamená, že změna vibrací indikuje zhoršení vlastností.

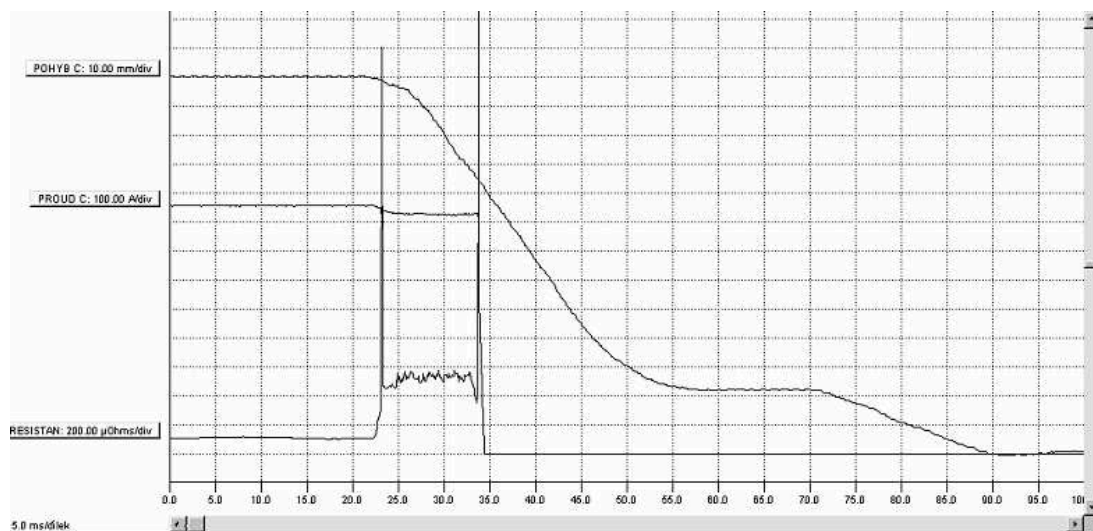
Velkou výhodou tohoto měření je široká použitelnost na různé druhy vypínačů, navíc se tato měření soustředí na mechanické jevy. Nevýhodou je, že i přes výhodné použití komparativních metod není možné získat z průběhů přesný charakter poruchy nebo její umístění.

4.9 Měření průběhu dynamického odporu hlavních kontaktů vypínače

[5] Přestože dynamické měření odporu má své kořeny již na začátku 90. let minulého století, je metodou relativně moderní. Hlavní myšlenkou tohoto měření je snaha zobrazit dynamické děje uvnitř komory hlavního kontaktu. Princip této metody je velmi jednoduchý. Během provádění operace vypínačem se přes kontakty injektuje dostatečně velký proud. Jeho hodnota se průběžně, v každém vzorku, změří společně s úbytkem napětí na měřeném úseku. Klasickou Ohmovou metodou se pak dopočte pro každý vzorek signálu hodnota odporu.

Pokud se křivka dynamického odporu skombinuje spolu s křivkou pohybu, je možno odečítat dobu oddělení hlavního kontaktu (viz *Obr. 17*, operace VYP) na opalovacím kontaktu, hloubku vniku hlavního kontaktu nebo přesah opalovacího kontaktu. Dynamické měření odporu umožňuje přiblížit, jaké děje se během operací v komoře odehrávají. K tomu je ale potřeba vědět, jak je kontaktní systém uvnitř komory řešen. Pokud by například součástí kontaktního systému nebyl opalovací kontakt, v grafu by se průběh odporu projevil pouze strmým vyskočením do nekonečna, zatímco s opalovacím kontaktem před naprostým odpojením je ještě zobrazen odpor opalovacího kontaktu, který se projeví zvýšenou hodnotou odporu oproti odporu při zapnuté poloze.

Pro injekci dostatečně velkého proudu bývá použit vnější proudový zdroj (akumulátor, superkapacitor), který v nejmodernějších přístrojích bývá součástí modulů pro měření DRM. Jedná se o zdroj schopný přibližně během 2 sekund generovat přes hlavní kontakty proudy v řádech stovek ampér DC.



Obr.17: Hloubka vniku hlavního kontaktu

Jedním z hlavních smyslů metody je měření přesahu opalovacího kontaktu nad hlavním kontaktem. Současně je možno vyhodnotit hloubku vniku hlavního kontaktu. Jak můžeme vidět na *Obr. 17*, hloubka vniku je velmi snadno zobrazitelná a měřitelná – v tomto případě se jednalo

o vadnou montáž kontaktního systému vypínače 245 kV, hlavní kontakt byl zasunut na cca 1 mm. Zkrácení opalovacího kontaktu ještě neznamená, že ubývá. Znamená to pouze, že působením oblouku na kontaktu povrch degraduje a tím se zkracuje jeho aktivní elektrická délka.

U vakuových vypínačů je tato metoda vhodná k posouzení stavu povrchu kontaktů.

4.10 Porovnání průběhu proudů motorů u pohonu vypínače při střádání

Při současných metodách měření reakce vypínačů je důležitá diagnostika samotného pohonu vypínače. Nejčastěji používaným pohonem v současné době je střadačový pohon.

Motory v pohonu obecně slouží buď k natažení pružin (střadač), natlakování nádob (pneumatický pohon) nebo k vlastnímu pohybování s hlavními kontakty. Proto působením mnoha prvků mechanismu vypínače se na něm projevuje namáhání jak výkonové tak i intenzitou práce. Může to být například nedostatečná lubrikace u táhel, připojených mechanismů nebo kompresorů, která vyžaduje větší hnací moment motoru. Na stavu motoru se podepisuje i frekvence jeho použití. Jestliže dochází k pravidelným únikům ze vzdušníku tlakovzdušného pohonu, je kompresor namáhán mnohem častěji, což se také projeví na jeho stavu. Nejčastějším způsobem diagnostiky je měření proudu motoru, který musí běžet po předem stanovený čas při střádání energie a počet jeho rozběhů.

Pohon střadačového mechanismu, který je napájen buď DC nebo AC napětím musí být při určitém napětí a proudu nastřádán. Střádání probíhá pomocí el. motoru. Doba, po kterou do motoru teče napájecí proud odpovídá době střádání pohonu vypínače. Tato doba taky nesmí překročit výrobcem předepsanou normu.

Měření probíhá připojením proudových snímačů k přívodu napájení do motoru a následným provedením složené operace s vypínačem (v tomto případě nevysílací OZ–OCO). Po ní začne pohon znovu střádat a po celou dobu je zaznamenáván proud, který do pohonu teče. Tato zkouška se opět provádí při třech napěťových úrovních.

U tohoto typu zkoušky je ale nutné brát v úvahu fakt, že některé typy vypínačů doplňují energii pouze po provedení operace ZAP. Proto se u provádění složité operace OCO musí předpokládat, že doba střádání bude delší. Na pohonu je zároveň s dobou střádání a proudem možno měřit napětí a teplota motoru.

5 DIAGNOSTIKA VYPÍNAČE VVN AREVA S1-123-F3

5.1 Kvalifikace osob podle vyhl 50/1978sb.

Před zahájením jakékoliv práce na elektrickém zařízení nebo jeho obsluhy, musí být provedeno hodnocení elektrického rizika a musí být stanoveno, jakým způsobem musí být práce nebo obsluha vykonávána a jaká opatření musejí být pro zajištění bezpečnosti provedena.

Práci na elektrickém zařízení smí vykonávat osoba s příslušnou elektrotechnickou kvalifikací podle vyhl. 50/1978 sb.

Osoba seznámená (§3 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba bez elektrotechnické kvalifikace, která je považována za laickou obsluhu. Seznámení je nutné provést prokazatelným způsobem. Osoba seznámená může obsluhovat jednoduchá elektrická zařízení nízkého a malého napětí (TNI 34 3100)

Osoba poučená (§4 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba bez elektrotechnické kvalifikace, která je již v mnoha technických normách považována za kvalifikovanou obsluhu. Osoba je prokazatelně poučená osobou znalou tak, aby jí bylo umožněno vyvarovat se nebezpečí, které elektřina může vytvořit. Osoba seznámená může obsluhovat jednoduchá elektrická zařízení všech napětí a pracovat na částech bez napětí v blízkosti živých částí pod napětím (u nn cca 30cm) (TNI 34 3100).

Osoba znalá (§5 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Dle ČSN 50 110-1 ed.2 se jedná o osobu kvalifikovanou, která může pracovat na elektrickém zařízení - pracovat samostatně v souladu s předpisy. Dle Vyhl. 50/1978 je osoba znalá osoba s elektrotechnickou kvalifikací bez potřebné praxe (obvykle méně než 1 rok).

Osoba znalá s vyšší kvalifikací-pracovník pro samostatnou činnost(§6 Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Dle ČSN 50 110-1 ed.2 se jedná o osobu kvalifikovanou, která může pracovat na elektrickém zařízení - pracovat samostatně v souladu s předpisy. Dle Vyhl.50/1978 se jedná o osobu (pracovníka) s praxí vyšší než 1 rok u zařízení nn (u zařízení vn minimálně 2 roky).

Osoba znalá s vyšší kvalifikací – pracovník pro řízení činnosti (§7 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Tato osoba může řídit více než jednoho pracovníka, jedná se například o kvalifikaci na úrovni mistra, vedoucího

skupiny apod. Praxe dle úrovně vzdělání a druhu zařízení musí odpovídat požadavkům přílohy 1 k Vyhl. 50/1978 Sb.

Osoba znalá s vyšší kvalifikací – pracovník pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu (§8 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Osoby s kvalifikací pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem mohou požádat o prověření u organizace SOD (ITI) o vydání oprávnění pro provádění montáží, oprav (případně revizí a zkoušek) prováděných dodavatelským způsobem a následně požádat o vydání živnostenského listu toho samého rozsahu. Kvalifikace pro řízení provozu je uplatňována zejména v průmyslových provozech, kdy pracovníci s touto kvalifikací působí na funkci například vedoucího provozu, směny apod. Praxe dle úrovně vzdělání a druhu zařízení musí odpovídat požadavkům přílohy 1 k Vyhl. 50/1978 Sb.

Osoba znalá s vyšší kvalifikací – pracovník pro provádění revizí (§9 Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Pracovníci pro provádění revizí jsou děleni do čtyř skupin:

- E1 – zařízení a instalace nad 1000V,
- E2 – zařízení a instalace do 1000V, včetně hromosvodů,
- E3 – hromosvody,
- E4 – stroje, el. ruční nářadí, el. spotřebiče, přístroje.

Na rozdíl od předchozích kvalifikací (tzv. paragrafů) musí být přezkušovány organizací SOD.

Praxe dle úrovně vzdělání a druhu zařízení musí odpovídat požadavkům přílohy 1 k Vyhl. 50/1978 Sb.

Osoba znalá s vyšší kvalifikací – pracovník pro samostatné projektování a pracovník pro řízení projektování (§10 dle Vyhl. 50/1978 Sb.)

Osoba s odpovídajícím vzděláním (elektrotechnickým), znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, která elektřina může vytvořit. Jedná se projekční pracovníky. Praxe dle úrovně vzdělání a druhu zařízení musí odpovídat požadavkům přílohy 1 k Vyhl. 50/1978 Sb.

[9]

Kvalifikace osob	Obsluhovat zařízení (2)		Pracovat na zařízeních (3)					
	mn a nn (1)	vn a vn (1)	nn (1)			vn a vn (1)		
			bez napětí	v blízkosti	pod napětím	bez napětí	v blízkosti	pod napětím
bez kvalifikace	smí jednoduchá zařízení sama	nesmí	Smí, kde jsou vyloučena elektrická rizika		nesmí	smí, kde jsou vyloučena elektrická rizika		nesmí
poučená § 4	smí jednoduchá zařízení sama		smí podle pokynů	smí pod dozorem (4)	nesmí	smí s dohledem (5)	smí s dohledem, při menší vzdálenosti pod dozorem	smí pod dozorem
znalá § 5	smí sama		smí sama		smí sama pod dohledem nebo pod dozorem	smí sama	smí pod dohledem nebo pod dozorem	smí pod dozorem
znalá s vyšší kvalifikací § 6-8	smí sama		smí sama			smí sama	smí sama, popřípadě pod dozorem	smí pod dozorem

(1) Značení elektrického napětí AC dle velikosti:

vn (VHV)	velmi vysoké napětí, 52 až 300 kV
vn (HV)	vysoké napětí, 1 000 V až 52 kV
nn (LV)	nízké napětí, 50 až 1000 V
mn (ELV)	malé napětí, do 50 V

(2) Obsluha elektrického zařízení je činnost, při které se provádí jednoduché úkony na elektrickém zařízení např. – výměna pojistek, žárovek, spínání, regulace atd.

(3) Práce na elektrickém zařízení je činnost, při které se provádí montážní práce, oprava, výměna, úprava, rozšíření, údržba, revize, zajišťování pracoviště, zkoušení a měření.

(4) Práce pod dohledem je práce podle pokynů. Osoba provádějící dohled podle potřeby kontroluje dodržování bezpečnostních předpisů. Za dodržování bezpečnostních předpisů odpovídají pracující osoby samy.

(5) Práce pod dozorem je práce za trvalé přítomnosti osoby, která provádí dozor a je také plně odpovědná za dodržování bezpečnostních předpisů.

Tab.1: Práce na el. zařízení podle vyhl. 50/1978 sb.

5.2 Zajištění a předání pracoviště, příkaz „B“

Zařízení VN a VVN na němž se má pracovat musí být odpojeno ze všech stran možného napájení. Proti nežádoucímu zapnutí se vypínače zajistí zámky, bezpečnostními tabulkami, blokováním, odpojením ovládacích obvodů. Dále se provede spojení odpojeného zařízení se zemí pomocí zkratovacích souprav. Povolení k zahájení práce vydá pracovník pověřený zajištěním pracoviště společně s vedoucím práce po kontrole všech bezpečnostních zařízení.

O vypnutém a bezpečném zařízení přesvědčí zajišťující vedoucího práce při předávání zařízení dotykem holé ruky na živou část vypnutého zařízení.

Postup při zajištění pracoviště podle ČSN EN 50110-1 ed. 2.

VYPNI - úplné odpojení zařízení

ZAJISTI - zabezpečení proti opětovnému zapnutí zařízení

ODZKOUŠEJ - ověření, že zařízení je bez napětí

ZKRATUJ - provedení uzemnění a zkratování zařízení

ODDĚL ŽIVÉ A NEŽIVÉ ČÁSTI - ochranná opatření částí pod napětím, které se nacházejí v blízkosti zařízení pod napětím

Příkaz „B“ je zvláštní opatření, sloužící k zajištění bezpečnosti při pracích na elektrických zařízeních. Musí být vydán pro práce na zařízeních vysokého a velmi vysokého napětí a pro práce v jejich blízkosti. Příkaz B nemusí být vydán v případech, kde by hrozilo prodlení (živelné pohromy). V takových případech zodpovídá za bezpečnost vedoucí prací, který vydává příkazy ústně a pracovníci je po něm musí nahlas opakovat. Dále je možné od příkazu „B“ upustit při často se opakujících jednoduchých činnostech (výměna pojistek VN). Pro tyto práce však musí být vydány přesné bezpečnostní předpisy. Příkaz B se nevydává na zařízení ve výstavbě, která ještě nebyla připojena na napětí. Příkaz „B“ vydává pracovník provozovatele zařízení odpovídající za provoz tohoto zařízení. Příkaz „B“ se vystavuje na vedoucího práce, který je povinen dozorem při práci.

Od okamžiku, kdy je pracovní skupině povolen vstup na pracoviště, přebírá vedoucí práce na celou dobu práce dozor nad bezpečností všech pracovníků. Pracovníci smějí vykonávat jen ty práce, které jim byly nařizeny vedoucím práce. Aby vedoucí práce mohl vykonávat dozor, smí se přímo zúčastnit práce jen tehdy, je-li celá pracovní skupina soustředěna na jednom místě. Musí-li se vedoucí práce nezbytně vzdálit z pracoviště, je povinen ustanovit svého zástupce s odpovídající kvalifikací. Nemá-li takového zástupce, je povinen práci zastavit. Pracovníci jsou povinni počínat si při práci tak, aby chránily sebe a neohrožovaly život a zdraví svých spolupracovníků. Pracovníci, kteří obdrží příkaz odporující bezpečnostním normám, předpisům nebo směrnicím, jej nesmí splnit.

Při přerušení práce opustí celá pracovní skupina pracoviště společně. Nikdo z pracovníků nesmí během přestávky vstoupit na pracoviště. Všechna bezpečnostní opatření musejí zůstat na místě. Před opětovným zahájením práce se pracovník pověřený dozorem musí přesvědčit, že v zajištění pracoviště nedošlo ke změně. V pracovní přestávce nesmí být pracovišti uvedeno pod napětí.

Potřebné zkoušky zařízení se musejí provést ještě na zajištěném zařízení. Mohou být odstraněna jen ta zařízení, která by zkoušky znemožňovala. Po skončení práce musí pracovní skupina uvést zařízení do provozuschopného stavu a musí uklidit nářadí i materiál. Nakonec vedoucí práce prohlédne pracoviště a zkontroluje, že všichni pracovníci pracoviště opustili. Potom je možné zrušit zajištění pracoviště. Po odstranění zkratovacího zařízení se pracoviště považuje za zařízení pod napětím. O skončení prací podá vedoucí práce zprávu vedoucímu zajišťování. Uzavře se příkaz „B“ a odpovědný pracovník dá příkaz k zapnutí zařízení. Vydané a uzavřené příkazy „B“ se musejí uschovávat po dobu 1 roku u vedoucího pracovníka organizace.

5.3 Programma TM 1800 Breaker analyzer system

[8]Programma TM 1800 je systém pro měření statických i dynamických parametrů vypínačů s neomezenou konfigurací. Je přizpůsoben pro vypínače hladin několika kV až po vypínače hladin ZVN. Přístroj je tvořen moduly pro požadovaná měření a základní deskou s výkonným procesorem, umožňuje tedy práci bez pomoci počítače nebo jiného podpůrného přístroje. Šasi zařízení je z odolných materiálů, rovněž tak klávesnice pro zadávání parametrů pro diagnostická měření. Jako export z měření lze použít sloty USB nebo propojení s počítačem za pomoci sítě LAN. Přístroj TM 1800 je schopen měřit při nízkých i vysokých teplotách. Přístroj zvládá měření elementárních parametrů nebo charakteristik, jako je měření odporu a proudu cívek, proudů motorů pohonu, časů hlavních a pomocných kontaktů nebo pohybu a přechodového odporu hlavních kontaktů. Ovládá i měření dynamického odporu (DRM) nebo vibrací na výkonovém vypínači. Pohyby a vibrace nebo doplňkové měření proudu a napětí může být měřeno pomocí analogových nebo digitálních snímačů. Vše je podpořeno modularitou a tedy variabilitou konfigurace přístroje. Přístroj disponuje funkcí „monitor“, s jejíž pomocí lze zjistit aktuální stav všech měřených prvků vypínače. Změřená data jsou logicky řazena již v přístroji do struktury vypínačů a provedených testů.

O vyhodnocování dat a následné vytváření protokolů z měření se stará program „CABA WIN“. Tento program umožňuje zpětné zobrazení výsledků provedených měření a umožňuje jejich editaci. Samozřejmostí je funkce lupy nebo kurzorů, stejně tak možnost skrýt nebo naopak zobrazit jen některé změřené průběhy z celého měření. Další vlastností programu je možnost definování a doporučení parametrů v programu ze změřených charakteristik i zpětně.

Program „CABA“ umožňuje i zálohu aktuálně nepotřebných změřených vypínačů do přehledné databáze, která je upravitelná a zpracovatelná i v programu Microsoft Access ze sady Microsoft Office. Řazení výsledků měření je realizováno stejným způsobem jako je tomu v měřícím přístroji. V programu je možné definovat, vytvářet a upravovat šablony pro tvorbu protokolů a reportů z měření. Šablony používají prostředí Microsoft Word, jednotlivá pole jsou uživatelem vytvářena formou „drag and drop“ pro zjednodušení.



Obr.18: Programma TM 1800

Externí napájecí zdroj ovládacího napětí B10 je určen pro testy se sníženým ovládacím napětím a napájení pohonů střadačů. Zdroj generuje AC i DC napětí, jež je plynule regulovatelné v celém rozsahu přístroje. Výkon přístroje postačuje pro napájení cívek všech vypínačů běžných v Čechách a na Slovensku. Testy se sníženým ovládacím napětím se provádějí pro vyzkoušení funkce vypínače v případech, kdy napětí na ovládacích cívkách poklesne pod příslušné nominální hodnoty.

5.4 Měření kvality plynu SF6

Pro zjištění stavu zhášecího media u vypínače AEG jsem použil měřicí přístroj *SF6 Breaker Analyzer* od výrobce GAS. Tento přístroj nabízí kromě své komplexnosti a velmi dobré přesnosti i jednoduché ovládání pomocí otočného ovladače a dvou tlačítek. Výsledky měření jsou zobrazovány na přehledném displeji včetně automatického vyhodnocení naměřených hodnot. Výsledky mohou být uloženy pod libovolným názvem do vnitřní paměti přístroje a následně přeneseny do PC. Zajímavým rysem přístroje je modularita celého systému.

Naměřené hodnoty kvality plynu SF6	
100 %	Měření procentuálního podílu plynu SF6 ve zhášecí komoře vypínače
-41 °C	Měření obsahu vlhkosti plynu SF6
0 %	Měření obsahu rozkladných produktů v plynu SF6

Tab.2: Naměřené hodnoty plynu SF6

[3]

Podíl SF6	Rosný bod SF6	Rozkladné produkty SF6	Kritérium závažnosti	
[%]	[°C]	[ppm]		
>98	≤-30	≤10	1	Bez nálezu
98-95	-30÷-28	10-20	2	Zhoršený stav
			2	Zhoršený stav
95-93	-28÷-26	20-40	3	Vážná závada
			3	Vážná závada
<93	>-26	>40	4	Havarijní stav

Tab.3: Kriteria hodnocení plynu SF6

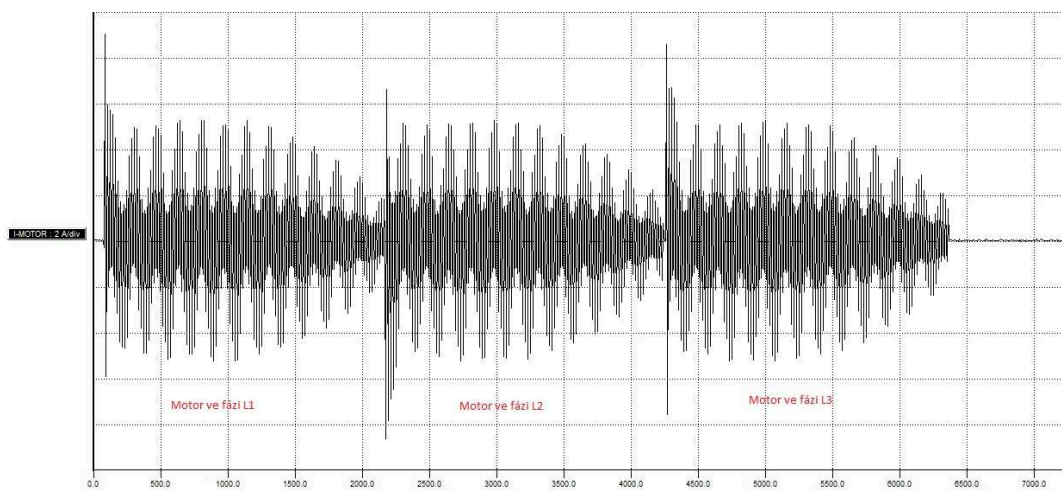
Kontrola tlaku plynu SF6

Po ukončení měření kvality plynu SF6 se provádí funkční kontrola blokování zapínacího impulsu pro výkonový vypínač. Při ztrátě nebo poklesu plynu ve vypínači je třeba zamezit operaci vypínače z důvodu ztráty zhášecího média, neboť hrozí destrukce zařízení. Blokování je ve většině případech provedeno ovládacím relé, které přeruší zapínací impuls a zašle výstrahu na řídicí dispečink.

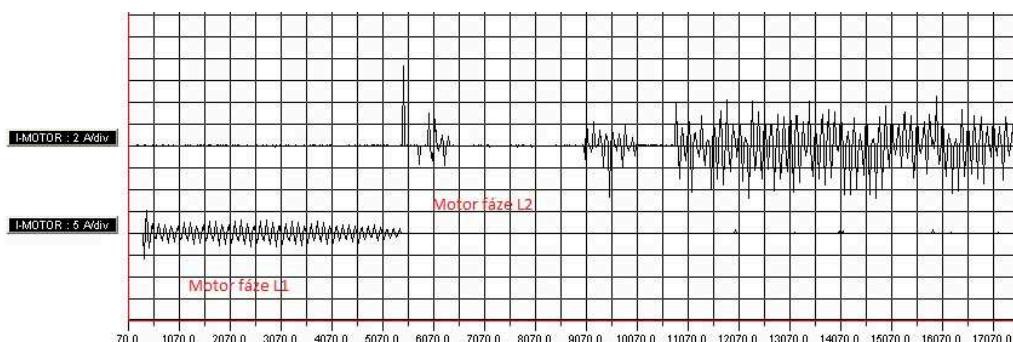
Z tabulky hodnocení kritérií kvality plynu SF6 vyvozují stav hodnoceného vzorku ve výborném stavu bez nutnosti zásahu. V případě zhoršeného stavu plynu se provádí regenerace plynu nebo výměna za nový. V případě výměny plynu je třeba vypínač vyvacuovat speciálními zařízeními pro tyto účely.

5.5 Měření proudového odběru střadačového pohonu

Účelem tohoto měření je provést záznam proudu motoru pohonu vypínače při natahování zapínací pružiny. U tohoto typu vypínače má každý pól svůj střadačový pohon a tedy i motor. Pro snímání proudu motoru jsou použity kleškové ampermetry připojené do digitální katry zařízení TM 1800. Střádání probíhá postupně od pólu ve fázi L1, po nastřádání fáze L1 sepne relé pro střádání L2 a posléze L3. Ze záznamu proudu motoru lze porovnáním stejného průběhu a velikosti proudu zjistit případné anomálie u jednotlivých fází.



Obr.19: Průběh proudu střadačových motorů



Obr.20: Průběh proudu střídačových pohonů, fáze L2 je poškozena

Záznam na Obr. 19 vypovídá o dobré funkci střídačových motorů vypínače, naopak na obr.20 je ve fázi L2 je zobrazen proud jiného střadačového motoru přerušované a s větší amplitudou. Dotatečně byla zjištěna závada na opotřebovaných uhlících komutátorového střadačového motoru.

5.6 Kontrola funkční doby spínání operací ZAP-VYP (CO)

Cílem měření je provést kontrolu časů spínání jednotlivých operací, kontrolu soudobosti vypnutí a zapnutí všech pólů vypínače, změření proudu procházejícího ovládacími cívkami, kontrola pohybu a zrychlení hlavní proudové dráhy vypínače a kontrolu spínače pomocných kontaktů. Pokud to diagnostický systém umožňuje, současně se zaznamenává i napětí na ovládacích cívkách.

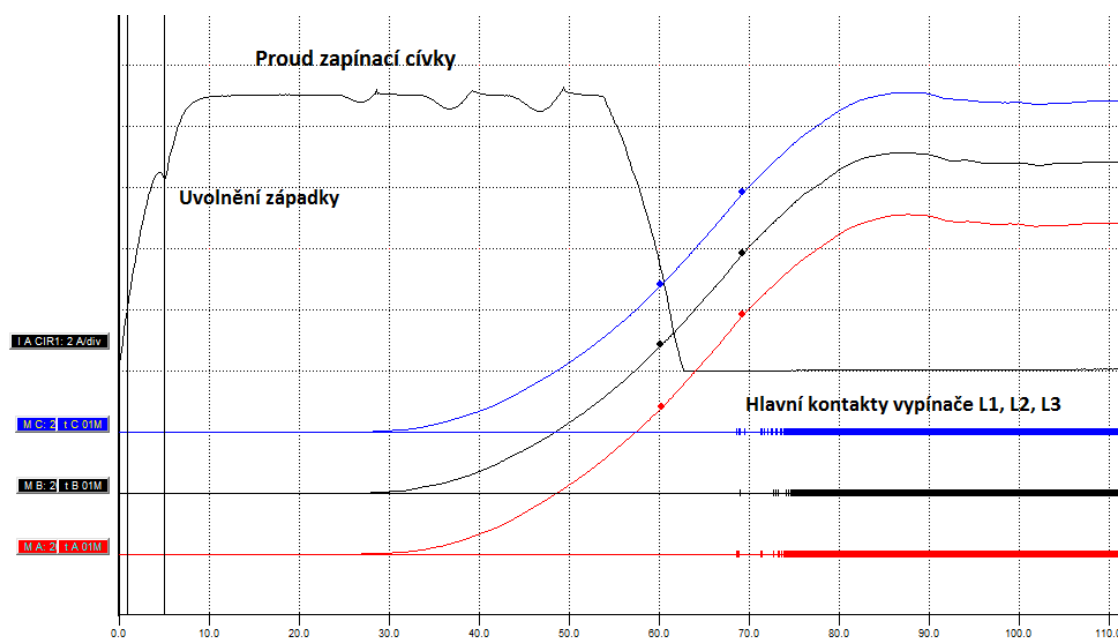
Pokud není použit modul DCM (modul pro oboustranné uzemnění vypínače), je nutné před vlastním zahájením měření zapnout zkoušený vypínač, jednostranně odzemnit zkoušený vypínač ze strany sběrný, neboť na této straně nejsou přístrojové transformátory proudu a napětí, které jsou přes svá primární vinutí přizemněna. V případě demontáže zkratovací soupravy je pracoviště zazemněno přes tento zapnutý výkonový vypínač. Práce na takto částečně odjištěném pracovišti se řídí přesně daným pracovním postupem, se kterým jsou prokazatelně seznámeni všichni zaměstnanci vykonávající tuto činnost a jsou na tuto činnost proškoleni. V opačném případě použití modulu DCM toto odpadá a zajištění pracoviště je mnohem bezpečnější, protože na pracovišti zůstávají obě zkratovací soupravy.

Zařízení TM 1800 se připojí za pomoci příslušné kabeláže na svorkovnici vypínače, kde jsou umístěny zapínací a vypínací cívky. Při této činnosti je třeba dokumentace a funkční schéma se zapojením ovládacích obvodů od výrobce k přesné identifikaci vypínače. Nesprávné zapojení této kabeláže může vést k poškození vypínače.

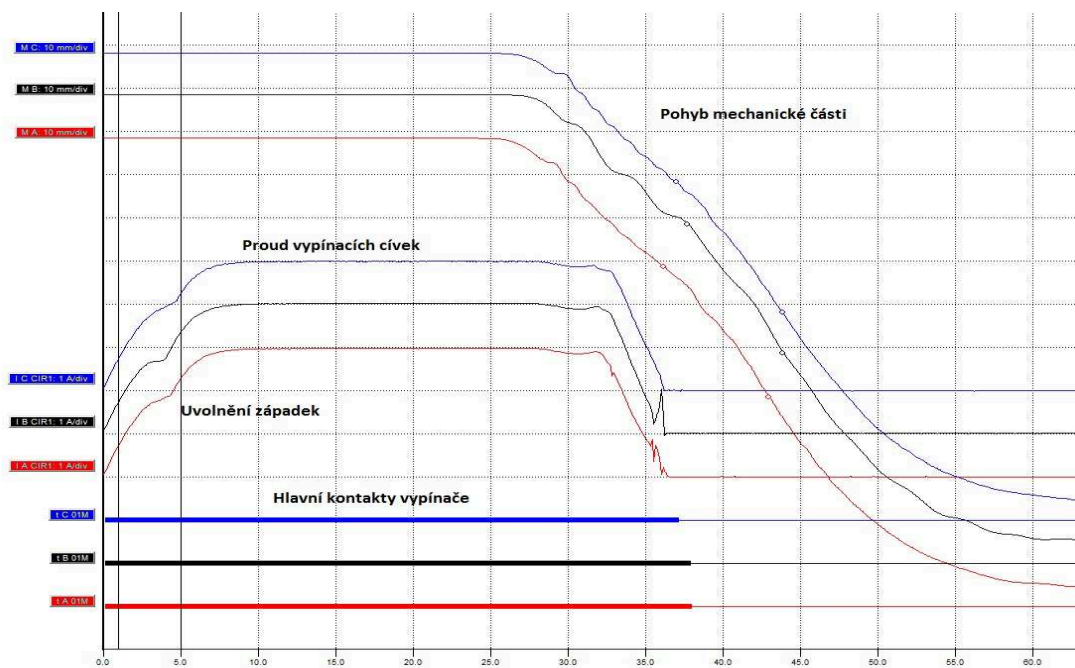
Na silové kontakty komory vypínače, se umístí krokosvorky pro identifikaci fyzického stavu vypínače, na tělo každé fáze vypínače se provede montáž rotačního snímače pohybu pro identifikaci a výpočet opalovacího kontaktu.

V software CabaWin pro měření se definuje nový test z uložené šablony, vyplní se identifikační údaje testu v okně ID Test, provede se kontrola aktuálního stavu silových kontaktů vypínače a ovládacích obvodů v okně Monitor. Ovládací napětí pro zapínací a vypínací cívky je použito ze zdroje napětí B10, ovládací napětí rozvodny v revidovaném poli

nebo kobce je vypnuto jednak z důvodu zajištění pracoviště, ale i pro test reakce vypínače na snížené ovládací napětí. V testu je nutno nastavit zapínací impuls se zpožděním 300ms z důvodu reakce vypínače. U nových vypínačů tohoto popisovaného typu je zpravidla doba zapnutí okolo 70ms, ale u starších typů výkonových máloolejových vypínačů není výjimkou ani doba okolo 130ms. Následuje již vlastní test časů operace zapnutí a vypnutí se současným měřením proudu ovládacích cívek, záznamu pohybu hlavních kontaktů a sepnutí a rozepnutí pomocných kontaktů. Obsahuje – li vypínač i záložní cívky, provádí se diagnostika se stejnou konfigurací za použití i těchto cívek.

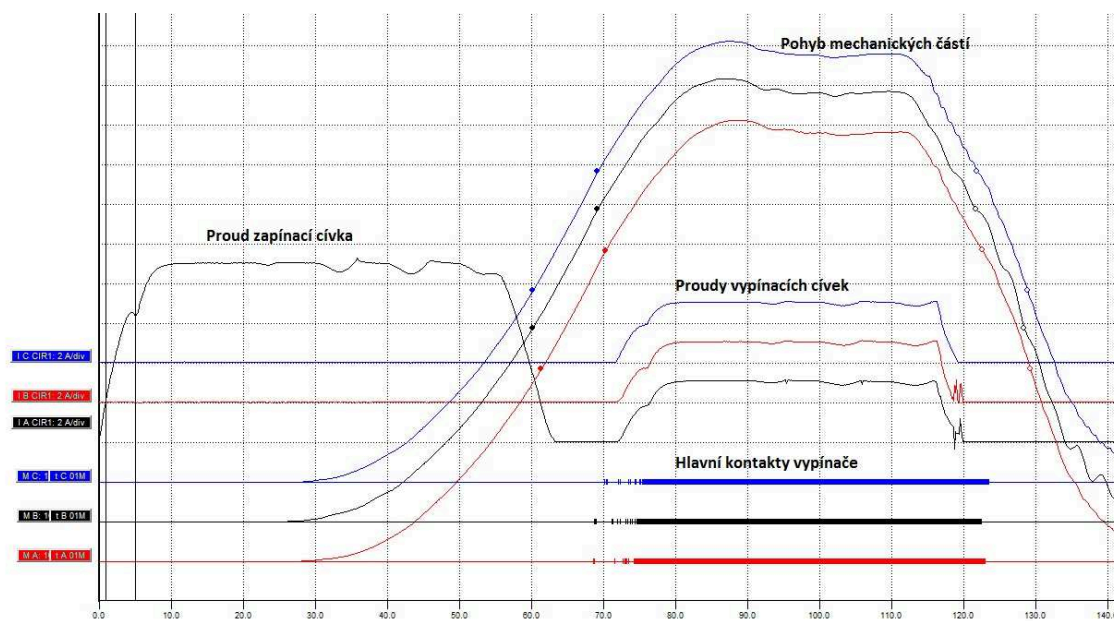


Obr.21: Operace zapnutí vypínače



Obr.22: Operace vypnutí vypínače

Jednou z důležitých operací je také odzkoušení funkce vypínače zapnutí do zkratu Close-Open (zap - vyp). Nastavený čas reakce vypínače výrobce doporučuje 60ms.



Obr.23: Operace zapnutí do zkratu

Z odečtených hodnot na obrázcích je zřejmá dobrá funkce výkonového vypínače jak v oblasti proudů zapínacích a vypínacích cívek tak soudobosti hlavních kontaktů vypínače. Soudobost hlavních kontaktů by neměla překročit čas 5ms. Můžeme také sledovat přerušování hlavních kontaktů v počáteční fázi dotyků. Tento jev vzniká dotlumením mechanických částí a také přechodným (opalovacím) kontaktem.

Operace	L1	L2	L3	rozdíl
Zap. [ms]	68.3	68.0	67,6	0,7
Vyp. [ms]	37.0	36,6	34,1	2,9
Zap.-Vyp. [ms]	68,0	67,8	70,1	2,1

Tab.4: Naměřené hodnoty časů hlavních kontaktů vypínače

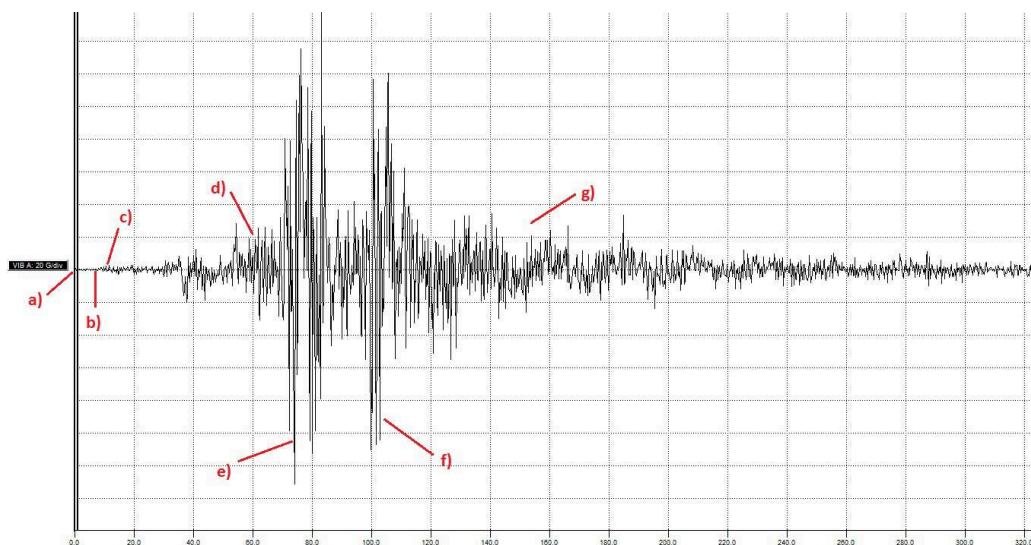
Graph	Cursor1	Cursor2	Difference	Unit
I A CIR1	2.01	3.12	1.12	A
I B CIR1	2.01	3.09	1.08	A
I C CIR1	2.23	3.08	0.85	A

Tab.5: Naměřené hodnoty proudů vypínacích cívek

V tabulce *Tab.5* ve sloupci „Cursor1“ je odečtena hodnota proudu vypínacích cívek v případě uvolnění západky a ve sloupci „Cursor2“ je maximální proud cívek.

5.7 Vibrační analýza

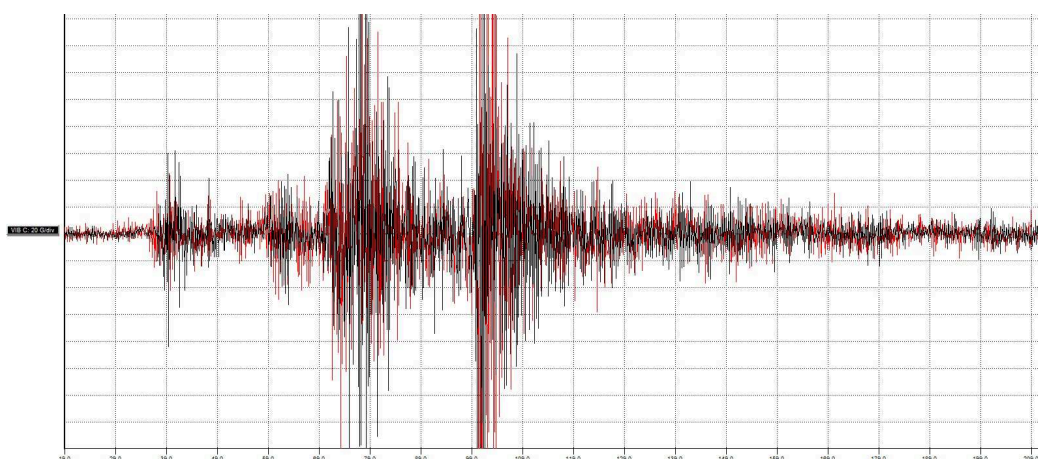
Jedná se o neinvazivní metodu, která porovnává vibrační časové řady s dříve naměřenými daty. Na spodní komoru vypínače se provede montáž vibračních čidel. Důležité je provádět montáž vždy na totéž místo z důvodu získání porovnatelných dat. Je prováděna kontrola funkce vypínače pomocí vibračních charakteristik podle záznamu signálu snímačů pohonu a komor při zapínání a vypínání. Vlastní měření vibrací může u vypínačů VVN nahradit měření pohybu hlavního kontaktu vypínače. Využití této metody najde uplatnění zejména u zapouzdřených rozvodů, kde nelze diagnostiku provést na živých částech vypínače.



Obr.24: Vibrační metoda při operaci zapnutí v jedné fázi

- a) Impuls napětí pro zapínací cívku
- b) Uzavření elektromagnetického obvodu
- c) Uvolnění západky a pohyb mechanických částí
- d) zvýšení tření u dosedání hlavních kontaktů
- e) Počátek tlumení
- f) Zastavení mechanických částí a dosednutí hlavního kontaktu
- g) Dotlumení

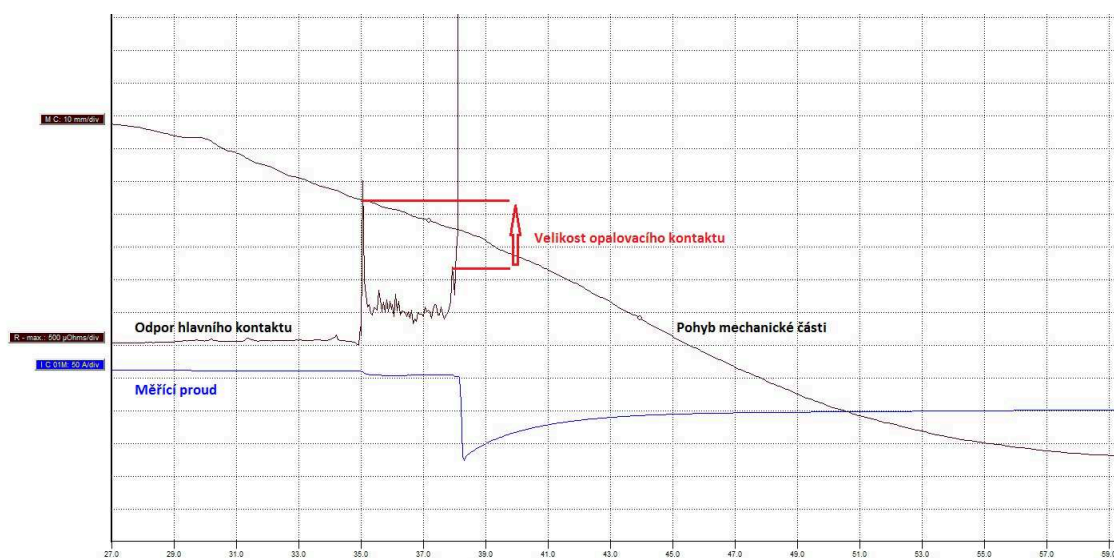
Vzorky se provádějí ve všech fázích jak při operaci zapnutí, tak vypnutí. Budeme – li porovnávat sousední fáze, křivka se může lišit např. z důvodu koroze některé části nebo druhem montáže. V ideálním případě je dobré získat data z výchozího měření po montáži vypínače před spuštěním do provozu.



Obr.25: Porovnání vibračního měření

5.8 Měření dynamického odporu

Měření dynamického odporu hlavního kontaktu vypínače se provádí z důvodu kontroly opotřebení hlavního a opalovacího kontaktu jednotlivých pólů vypínače. Test je prováděn za použití stejnosměrného proudu a měření úbytku napětí při operaci vypínače. Odpor se poté vypočítá v závislosti na čase. Přestože se jedná o výpočet, délka opalovacího kontaktu může být spolehlivě odhadnuta. Pokud ale budeme chtít zjistit skutečný stav opalovacího kontaktu, jedinou alternativou je demontáž vypínače. U vypínačů s mediem SF6 je obvykle opalovací kontakt vyroben z Wolframu. Tato metoda vyžaduje vysoký zkušební proud přibližně od 100A.



Obr.26: Určení velikosti opalovacího kontaktu

Graph	Cursor1	Cursor2	Difference	Unit
I C 01M	163.13	162.94	-0.18	A
M C	108.12	108.12	0.00	mm
R - max.10mV	39.00	41.00	2.00	µOhms

Tab.6: Hodnoty opalovacího kontaktu při operaci Close (Vyp.) ve fázi L1

5.9 Kontrola funkce nesouhlasu pólů

Kontrola funkce nesouhlasu pólů se provádí u vypínačů se samostatným pohonem pro každý pól vypínače se zapnutým ovládacím napětím. U každého pólu se provede :

vypínač vypnutý – ručně zapnout pól vypínače, pokud je to technicky možné : pól musí vypnout v čase nastaveném na příslušném časovém relé

vypínač zapnutý – vypnout pól vypínače: pól vypínače se vypne a se zpožděním v nastaveném čase na příslušném časovém relé musí vypnout i zbylé dva póly vypínače

Časové relé je umístěno na přístrojové liště výkonového vypínače a je obvykle nastaven čas vypnutí 2s. U starších typů vypínačů se montáž časového relé prováděla přímo v poli ochran na velínu.

Operace	L1	L2	L3
Zap. [s]	2,01	2,00	2,02
Vyp. [s]	2,00	2,01	2,00

Tab.7: Změřené hodnoty nesouhlasu pólů

5.10 Kontrola funkce blokování vypínače

Při této kontrole je třeba prověřit správnost funkčnosti elektrických blokad vypínače. V případě nefunkčnosti je třeba provést okamžitou nápravu.

Kontrolované blokady :

- kontrola blokování nenastřádané zapínací pružiny
- kontrola blokování cyklování
- kontrola blokování funkce spínání u vypínače s pneumatickým pohonem

kontrola blokování nenastřádané zapínací pružiny

- během natahování při střádání zapínací pružiny je třeba vyslat zapínací impuls, spoušť vypínače nesmí vybavit povel na zapnutí
- u třípohonového vypínače je nutné tuto kontrolu provést u všech pólů vypínače

kontrola blokování cyklování

- vypínač je v poloze Zapnuto, zapínací pružina je nastřádaná. Vyšle se trvalý elektrický povel ZAP a k tomu povel VYP – vypínač smí jen vypnout
- vypínač v poloze Zapnuto, zapínací pružina nastřádaná. Vyšle se trvalý elektrický povel VYP a k tomu povel ZAP – vypínač smí pouze jen vypnout, nebo zapnout a okamžitě vypnout

kontrola blokování funkce spínání u vypínače s pneumatickým pohonem

- při poklesu tlaku vzduchu u tohoto typu vypínače a za předpokladu, že je vypínač vybaven manometrem pro kontrolu a blokováním (u maloolejových vypínačů tato blokáda není) nesmí vypínač provést operaci ZAP

6 VYHODNOCENÍ DIAGNOSTIKY VYPÍNAČE

Naměřené hodnoty kvality plynu SF6	
100%	Měření procentuálního podílu plynu SF6 ve zhašecí komoře vypínače
-41 °C	Měření obsahu vlhkosti plynu SF6
0%	Měření obsahu rozkladných produktů v plynu SF6

Podle Tab.2 jsou naměřené hodnoty kvality plynu SF6 jsou v ideálním stavu.

Hodnoty časů hlavních kontaktů				
Operace	L1	L2	L3	rozdíl
Zap. [ms]	68.3	68.0	67,6	0,7
Vyp. [ms]	37.0	36,6	34,1	2,9
Zap.-Vyp. [ms]	68,0	67,8	70,1	2,1

Rozdíl hodnot v Tab.4 nepřekračuje povolených 5s.

Proud vypínacích cívek		
Vypínací cívky	Uvolnění západky	Maximální proud
Proud cívky L1 [A]	2,01	3,12
Proud cívky L2 [A]	2,01	3,09
Proud cívky L3 [A]	2,23	3,08

Z Tab.6 vyplývají minimální rozdíly proudu ve vypínacích cívkách.

Velikost opalovacího kontaktu ve fázi L3	
	Uvolnění západky
Proud ve fázi [A]	163,13
Odečet velikosti [mm]	108,12
Odpor kontaktu [$\mu\Omega$]	39

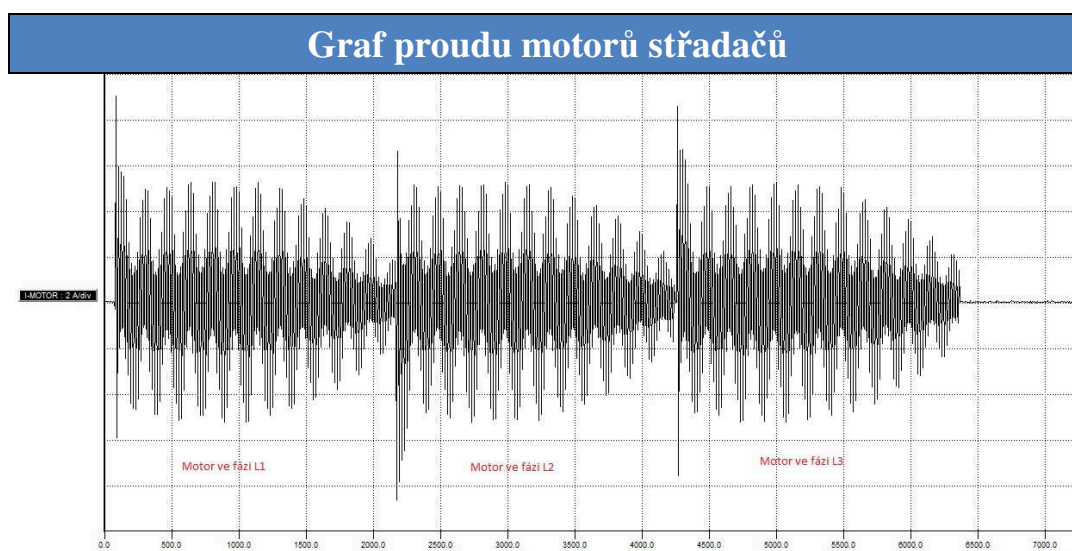
Velikost opalovacího kontaktu je podle Tab. 6. 108,12 mm. Jedná se o vypočtenou hodnotu přístrojem TM1800. Pro příklad je uvedena pouze fáze L3.

Nesouhlas pólů			
Operace	L1	L2	L3
Zap. [s]	2,01	2,00	2,02
Vyp. [s]	2,00	2,01	2,00

Změřené hodnoty pro nesouhlas pólů z *Tab.7.* odpovídají nastavené hodnotě 2s.



Porovnání charakteristiky vibrací z *Obr.25.* (pro příklad uvedena fáze L3) nevykazuje výrazné odchylky.



Graf na *Obr.19.* zobrazuje plynulou funkci proudu střadčových motorů spínaných po nastřádání první fáze

Hodnoty získané měřením jsou v toleranci limitních hodnot a stav vypínače je ve spolehlivém stavu bez nutnosti zásahu údržby. Na základě výše uvedených hodnot a vyhodnocení grafů je zařízení schopné dalšího bezpečného provozu bez omezení do další periodické kontroly podle Řádu preventivní údržby.

7 ZÁVĚR

V této práci jsem shrnul aktuálně prováděné diagnostické postupy pro měření výkonových vypínačů VVN. Popsal jsem typy a rozdělení vypínačů podle zhášecího media včetně legislativy a moderních trendů pro tuto problematiku. Pro praktickou část jsem vybral výkonový vypínač se zhášecím mediem SF₆ typu S1-123-F3 od výrobce AREVA.

Uvedl jsem postupy pro zajištění pracoviště a bezpečnost práce na zařízení VVN a vydání příkazu „B“. Z technické dokumentace výrobce jsem získal potřebná data jako jmenovité ovládací napětí a zpoždění zapínacích časů pro nastavení testů vypínače a zapojení kabeláže.

Získané hodnoty jsem vyhodnotil v tabulkách s limitními hodnotami podle metodiky ČDS_ME_0015r01. Z naměřených hodnot lze konstatovat dobrý stav vypínače jednak ze soudobosti hlavních kontaktů, jejichž rozdíl nesmí být větší jak 5ms, ale také stavu ovládacích cívek. Nedílnou součástí hodnocení byl také stav zhášecího media a měření dynamického odporu pro zjištění stavu opalovacích kontaktů. Také porovnání měření vibrací nevykazuje výrazné odchylky. Ověřil jsem funkční stav ovládacích a blokovacích obvodů včetně funkce nesouhlasu pólů vypínače. Mechanické části vypínače a střadačový pohon je v provozuschopném stavu.

Celé zařízení je tedy schopno provozu do další periodické diagnostiky výkonového vypínače podle Řádu preventivní údržby.

Jelikož v současné době je prioritou snižování nákladů na provoz při zachování bezpečnosti a provozuschopnosti energetických zařízení, je jednou z možností zjištění aktuálního stavu zařízení za pomoci diagnostických metod a poté aplikace cílené údržby a případných následných kontrol pro prvky elektrizační soustavy.

8 LITERATURA

- [1] Václav Mentlík, Josef Pihera, Radek Polanský, Pavel Prosr, Pavel Trnka
Diagnostika elektrických zařízení
© Nakladatelství BEN - technická literatura, Praha 2008
- [2] Ing. Otto Havelka, CSc., a kolektiv
Elektrické přístroje
© Vydalo SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1985
- [3] ČDS_ME_0015_r01
Diagnostika elektrických zařízení vn a vvn - vypínače
©ČEZ Distribuční služby, s.r.o., zpracovatel Eduard Bochňák, Aleš Veverka, 2011
- [4] Bárta, K. Vostracký, Z.
Vypínače velmi vysokého napětí
© Vydalo SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1983
- [5] Antonín Krňoul
Metody diagnostiky vypínačů vn, vvn, zvn
Diplomová práce, ČVUT Praha Elektrotechnická fakulta, 2007
- [6] URL < <http://shop.normy.biz/>>[citováno 2012-25-04]
<<http://shop.normy.biz/>>
Dostupné z <http://shop.normy.biz>
- [7] URL < <http://www.technicke-normy-csn.cz>>[citováno 2012-25-04]
< <http://www.technicke-normy-csn.cz>>
Dostupné z <http://www.technicke-normy-csn.cz>
- [8] URL <<http://www.tmvss.cz/index.html>>[citováno 2012-20-04]
<<http://www.tmvss.cz/index.html>>
Dostupné z <http://www.tmvss.cz/index.html>
- [9] URL < <http://www.tlakinfo.cz>>[citováno 2012-25-04]
< <http://www.tlakinfo.cz>>
Dostupné z <http://www.tlakinfo.cz>

9 PŘÍLOHA - FOTODOKUMENTACE DIAGNOSTIKOVANÉHO VYPÍNAČE